



TESIS - PM147501

# **PEMODELAN ESKALASI BIAYA PROYEK MULTI YEARS DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK**

**Y. SUPONCO WISNU BROTO**  
**9115.202.301**

**DOSEN PEMBIMBING**  
**Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D**  
**Erma Suryani., ST., MT., Ph.D**

**PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI**  
**BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK**  
**PROGRAM PASCASARJANA**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2017**

# LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Y. SUPONCO WISNU BROTO  
NRP. 9115202301

Tanggal Ujian : 15 Mei 2017  
Periode Wisuda : September 2017

Disetujui oleh :

1. Tri Joko Wahyu Adi, ST, MT, Ph.D  
NIP. 19740420 200212 1 003

(Pembimbing)

2. Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 19700427 200501 2 001

(Pembimbing)

3. Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono., M. Eng.Sc  
NIP : 19590318 198701 1 001

(Penguji)

4. Dr. Ir. Endah Angreni, M.T.

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi

Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc  
NIP. 19590318 198701 1001

# PEMODELAN ESKALASI BIAYA PROYEK MULTI YEARS DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK

Nama Mahasiswa : Y. Suponco Wisnu Broto  
NRP : 9115202301  
Pembimbing : Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D  
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

## ABSTRAK

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan untuk mendirikan sebuah bangunan yang dilaksanakan hanya satu kali (tidak berulang) dan berjangka waktu tertentu, di mana kegiatannya berurutan, saling berkaitan, dan memerlukan klasifikasi tenaga yang beragam pula. Masa pelaksanaan proyek konstruksi ada yang bersifat tahun tunggal (*single year*) dan tahun jamak (*multi years*). Proyek *multi years* memiliki banyak risiko dalam proses pelaksanaannya. Salah satu risiko dalam proyek *multi years* adalah penyesuaian harga atau biasa disebut dengan eskalasi biaya. Eskalasi biaya adalah penyesuaian harga satuan komponen kontrak yang meliputi tenaga kerja, bahan konstruksi, energi dan peralatan terhadap nilai kontrak saat penawaran. Keakuratan estimasi penawaran dalam proyek *multi years* merupakan hal yang sangat penting karena akan berpengaruh pada pelaksanaan proyek dan menjadi salah satu parameter keberhasilan kontraktor dalam pelaksanaan proyek tersebut. Berbagai faktor mempengaruhi keakuratan estimasi biaya proyek *multi years*, salah satunya adalah pengetahuan akan risiko terhadap ketidakpastian fluktuasi ekonomi berupa kenaikan harga tenaga kerja, bahan konstruksi, dan peralatan konstruksi yang mungkin terjadi dan dapat menyebabkan kesulitan bahkan kerugian bagi kontraktor. Penelitian ini mengambil tujuh proyek konstruksi *multi years* gedung yang berlokasi di Surabaya sebagai objek penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besaran biaya eskalasi pada proyek *multi years* gedung dengan cara memodelkan hubungan antar variabel kunci penyebab eskalasi biaya menggunakan pemodelan sistem dinamik. Variabel – variabel diperoleh dari studi literatur dan divalidasi oleh *expert/pakar*. Untuk membantu memberikan gambaran awal bentuk hubungan antar variabel, digunakan *Causal Loop Diagram* (CLD) yang modelnya juga sudah divalidasi oleh *expert/pakar* sehingga mencerminkan sistem nyata di lapangan yang dapat memberikan hasil yang akurat.

Hasil dari penelitian ini adalah suatu model berbasis sistem dinamik yang dapat digunakan untuk mengestimasi eskalasi biaya proyek konstruksi *multi years* gedung dengan tingkat akurasi 91,21%. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa perubahan spesifikasi material, percepatan pekerjaan, perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, perencanaan yang tidak efektif, perubahan /penambahan ruang lingkup pekerjaan, kekurangan tenaga kerja, keterlambatan *schedule* proyek, ketentuan kontrak yang ambigu, tingkat inflasi, kondisi tak terduga, cuaca buruk, dan persyaratan daerah setempat merupakan faktor yang mempengaruhi biaya eskalasi proyek *multi years*. Dari faktor-faktor tersebut, yang paling dominan dalam

mempengaruhi besaran eskalasi biaya proyek *multi years* adalah faktor kondisi tidak terduga (ketidakpastian kondisi tanah), yaitu sebesar 59,69%. Di samping memprediksi biaya eskalasi proyek, model ini juga dapat digunakan sebagai sistem peringatan dini di lingkungan proyek *multi years*. Hal ini terlihat dari skenario pengembangan struktur yang dilakukan dengan memasukkan beberapa faktor tambahan seperti pendetailan *schedule* proyek, mitigasi risiko, keterlibatan awal kontraktor dalam pengembangan desain, dan keterlibatan pakar/*expert* dalam proyek ke dalam model yang dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 55,94% di tahun ketujuh pada masa pelaksanaan konstruksi.

***Kata Kunci :*** *Causal Loop Diagram*, Eskalasi Biaya, *Multi Years*, Proyek Konstruksi, Risiko, Sistem Dinamik



# **PROJECT COST ESCALATION PREDICTION MODELS BASED ON SYSTEM DYNAMICS APPROACH**

By : Y. Suponco Wisnu Broto  
Student Identity Number : 9115202301  
Supervisors : Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D  
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

## **ABSTRACT**

The construction project is a series of activities to establish a building that is implemented only once (not repeatedly) and for a certain period of time, where activities are sequential, interrelated, and require a diverse energy classification as well. The implementation period of the construction project is single year and multi years. Multi-years projects have many risks in the implementation process. One of the risks in a multi-years project is price adjustment or commonly called cost escalation. Cost escalation is the price adjustment of the unit of contract components which includes labor, construction materials, energy and equipment against the contract value at bid. The accuracy of the bid estimate in a multi-years project is very important as it will affect the implementation of the project and become one of the parameters of the contractor's success in implementing the project. Various factors affect the accuracy of multi-years project cost estimates, one of which is knowledge of the risks to the uncertainty of economic fluctuations in the form of rising labor prices, construction materials, and construction equipment that may occur and may cause difficulty or even loss to the contractor. This research takes seven multi years construction project of building located in Surabaya as research object.

This study aims to calculate the cost of escalation in the multi years building project by modeling the relationship between the key variables causing cost escalation using dynamic system modeling. The variables were obtained from literature studies and validated by experts. To help provide an initial picture of the relationship between variables, used Causal Loop Diagram (CLD) whose model has also been validated by experts to reflect real systems in the field that can provide accurate results.

The result of this research is a dynamic system based model that can be used to estimate cost escalation of multi years construction project with accuracy 91,21%. The study also shows that changes in material specifications, acceleration of work, design changes, late payment of progress from owners, ineffective planning, changes/additions to scope of work, labor shortage, project schedule delay, ambiguous contract terms, inflation rate, unexpected condition, bad weather, and local requirements are factors that affect the cost of escalating multi years projects. Of these factors, the most dominant factor in influencing the multi years project cost escalation is the unexpected condition (uncertainty of land condition), which is 59.69%. In addition to predicting project escalation costs, this model can also be used as an early warning system in a multi-year project environment. This can be seen from structural development scenarios by incorporating some additional factors such as detailed project schedule, risk mitigation,

initial contractor engagement in design development, and expert involvement in the project into a model may provide 55.94% decrease in project cost escalation in the seventh year during the construction period.

***Key words:*** Causal Loop Diagram, Cost escalation, Risk, Multiyears Construction Project, System Dynamic

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Semesta Alam atas segala limpahan berkat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pemodelan Eskalasi Biaya Proyek Multi Years dengan Pendekatan Sistem Dinamik”. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu prasyarat dalam menyelesaikan studi program Magister Manajemen Teknologi pada Bidang Keahlian Manajemen Proyek, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih atas segala bantuan dan bimbingan yang telah diberikan baik selama pengerjaan tesis sampai dengan terselesainya laporan ini, kepada :

1. Kedua orangtua tercinta Ibu Anastasia Soelastri dan Bapak Ag. Toemin Purwodihardjo yang telah mendoakan penulis, mencurahkan kasih sayang dan perhatiannya, serta atas dukungan moral, spiritual dan finansial selama ini.
2. Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D. dan Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan memberikan bimbingan, motivasi dan bantuan yang sangat besar dalam penyusunan tesis ini.
3. Jojok Widodo Soetjipto selaku Dosen Universitas Jember yang juga telah berkenan memberikan bimbingan, motivasi, dan bantuan yang sangat besar dalam penyusunan tesis ini.
4. Prof. Dr. Ir. Udisubakti C.,M.EngSc dan Dr. Ir. Endah Angreni, M.T. selaku Dosen Penguji yang telah berkenan untuk memberikan masukan dan koreksi terhadap berbagai kekurangan dalam proses penelitian tesis ini.
5. Amelia Octavianti, S. Psi., atas kehadiran dan dukungannya. Yang sabar dan selalu ada menemani penulis walaupun berjauhan.
6. Teman-teman S2 Manajemen Proyek, Program Studi Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Angkatan 2015, atas pertemanan yang luar biasa, suatu kehormatan bisa mengenal dan berteman dengan kalian.

7. Staf Tata Usaha Program Studi Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, atas bantuan selama masa studi dan penyelesaian tesis ini.
8. Pihak-pihak yang terlibat selama survei dan wawancara, seluruh *Project Manager*, *Site Operational Manager*, *Site Engineering Manager*, dan staf dari proyek-proyek PT. PP (Persero) Tbk. di Surabaya yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga dapat memberikan data yang sangat membantu dalam pengembangan penelitian tesis ini.
9. Serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Akhir kata, dengan segala keterbatasan dan kekurangan yang dirasakan dalam proses penelitian dan penyelesaian tesis ini, semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak sebagai tambahan pengetahuan dan dapat digunakan pengembangan keilmuan di masa yang akan datang. Amin.

Surabaya, Mei 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Definisi dan Terminologi .....	7
2.1.1 Proyek Konstruksi .....	7
2.1.2 Biaya Proyek .....	8
2.1.3 Eskalasi Biaya .....	9
2.1.4 Sistem Dinamik .....	10
2.2 Dasar Teori .....	11
2.2.1 Pemodelan Sistem Dinamik .....	11
2.2.2 Konsep Sistem Dinamik .....	12
2.2.3 Aturan yang Berlaku dalam Sistem Dinamik .....	13
2.2.4 Pengembangan Model .....	15
2.2.5 Konsep Validasi dan Pengujian Model .....	16
2.2.6 Uji Struktur Model .....	17
2.2.7 Uji Parameter Model .....	17
2.2.8 Uji Kecukupan Batasan .....	17
2.2.9 Uji Kondisi Ekstrim .....	17
2.2.10 Uji Perilaku Model .....	18
2.3 Penelitian Terdahulu .....	18
2.3.1 Penelitian yang Terkait dengan Eskalasi Biaya .....	18
2.3.2 Penelitian yang Terkait dengan Aplikasi Metode Sistem Dinamik .....	32
2.4 Posisi Penelitian .....	36
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	39
3.1 Jenis Penelitian .....	39
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	39
3.3 Kerangka Berpikir Penelitian .....	41
3.4 Pengumpulan Data .....	41
3.4.1 Definisi Operasional Variabel .....	41
3.4.2 Data Sekunder .....	45
3.4.3 Data Primer .....	46
3.5 Identifikasi Variabel .....	47
3.5.1 Faktor Penyebab Terjadinya Eskalasi Biaya .....	47
3.6 Perancangan Kausal Loop Diagram .....	48



3.7	Perancangan Stock Flow Diagram .....	50
3.8	Skenario Pemodelan .....	51
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN .....		57
4.1	Identifikasi Variabel Terkait.....	57
4.2	Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	62
4.3	Formulasi Model Dinamis .....	75
4.4	Tinjauan dan Analisis Grafis .....	77
4.5	Validasi Model .....	79
4.6	Skenario Pemodelan .....	80
4.7	Rekomendasi untuk Kontraktor .....	135
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		137
5.1	Kesimpulan.....	137
5.2	Saran .....	138
DAFTAR PUSTAKA.....		139
LAMPIRAN .....		143

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Ilustrasi Penyesuaian Harga .....	10
Gambar 2.2	Metodologi Sistem Dinamik (Sushil, 1993).....	12
Gambar 2.3	Jenis Variabel dalam Sistem Dinamik .....	15
Gambar 2.4	Hubungan antar Variabel Penyebab Eskalasi Biaya (Morris. P <i>et al</i> , 2006) .....	19
Gambar 2.5	Hubungan antar Variabel Penyebab Eskalasi Biaya (Shane. J.S <i>et al</i> , 2009).....	22
Gambar 2.6	Hubungan antar Variabel Penyebab Eskalasi Biaya (Shane. J.S <i>et al</i> , 2009).....	23
Gambar 2.7	Hubungan antar Variabel Penyebab Eskalasi Biaya (Shane. J.S <i>et al</i> , 2009).....	24
Gambar 2.8	Hubungan antar Variabel Penyebab Perubahan Lingkup Pekerjaan .....	28
Gambar 2.9	Hubungan antar Variabel Penyebab Keterlambatan <i>Schedule</i> Proyek.....	29
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	40
Gambar 3.2	Kerangka Berpikir Penelitian .....	41
Gambar 3.3	Model Awal Kausal Loop Diagram Eskalasi Biaya .....	49
Gambar 3.4	Stock Flow Diagram berdasarkan Model Awal Kausal Loop Diagram Eskalasi Biaya .....	50
Gambar 4.1	Model Kausal Loop Diagram Eskalasi Biaya .....	58
Gambar 4.2	Perancangan Stock Flow Diagram .....	76
Gambar 4.3	Model Grafik Hasil <i>Running</i> Model Awal.....	78
Gambar 4.4	Stock Flow Diagram untuk Skenario 1 .....	85
Gambar 4.5	Model Grafik Hubungan Skenario 1 (Keterlibatan Awal Kontraktor) terhadap Model Awal .....	87
Gambar 4.6	Stock Flow Diagram untuk Skenario 2 .....	89
Gambar 4.7	Model Grafik Hubungan Skenario 2 (Keterlibatan Pakar/ <i>expert</i> ) terhadap Model Awal .....	91
Gambar 4.8	Stock Flow Diagram untuk Skenario 3 .....	92
Gambar 4.9	Model Grafik Hubungan Skenario 3 (Mitigasi Risiko Proyek) terhadap Model Awal .....	95
Gambar 4.10	Stock Flow Diagram untuk Skenario 4 .....	96
Gambar 4.11	Model Grafik Hubungan Skenario 4 (Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek) terhadap Model Awal .....	99
Gambar 4.12	Stock Flow Diagram untuk Skenario 5 .....	100
Gambar 4.13	Model Grafik Hubungan Skenario 5 (Keterlibatan Awal Kontraktor dan Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> ) terhadap Model Awal .....	101
Gambar 4.14	Stock Flow Diagram untuk Skenario 6 .....	103
Gambar 4.15	Model Grafik Hubungan Skenario 6 (Keterlibatan Awal Kontraktor dan Mitigasi Risiko Proyek) terhadap Model Awal.....	104
Gambar 4.16	Stock Flow Diagram untuk Skenario 7 .....	106
Gambar 4.17	Model Grafik Hubungan Skenario 7 (Keterlibatan Awal Kontraktor dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek) terhadap Model Awal.....	107
Gambar 4.18	Stock Flow Diagram untuk Skenario 8 .....	109

Gambar 4.19	Model Grafik Hubungan Skenario 8 (Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> dan Mitigasi Risiko Proyek) terhadap Model Awal.....	110
Gambar 4.20	Stock Flow Diagram untuk Skenario 9.....	112
Gambar 4.21	Model Grafik Hubungan Skenario 9 (Mitigasi Risiko Proyek dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek) terhadap Model Awal .....	115
Gambar 4.22	Stock Flow Diagram untuk Skenario 10.....	116
Gambar 4.23	Model Grafik Hubungan Skenario 10 (Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek) terhadap Model Awal .....	117
Gambar 4.24	Stock Flow Diagram untuk Skenario 11.....	119
Gambar 4.25	Model Grafik Hubungan Skenario 11 (Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> , dan Mitigasi Risiko Proyek) terhadap Model Awal.....	120
Gambar 4.26	Stock Flow Diagram untuk Skenario 12.....	122
Gambar 4.27	Model Grafik Hubungan Skenario 12 (Keterlibatan Awal Kontraktor, Mitigasi Risiko Proyek dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek) terhadap Model Awal .....	123
Gambar 4.28	Stock Flow Diagram untuk Skenario 13.....	125
Gambar 4.29	Model Grafik Hubungan Skenario 13 (Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> , dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek) terhadap Model Awal .....	126
Gambar 4.30	Stock Flow Diagram untuk Skenario 14.....	128
Gambar 4.31	Model Grafik Hubungan Skenario 14 (Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> , Mitigasi Risiko Proyek, dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek) terhadap Model Awal.....	129
Gambar 4.32	Stock Flow Diagram untuk Skenario 15.....	131
Gambar 4.33	Model Grafik Hubungan Skenario 15 (Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> , Mitigasi Risiko Proyek, dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek) terhadap Model Awal .....	133

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sintesa Faktor-Faktor yang Menyebabkan Kenaikan Eskalasi Biaya dari Penelitian Terdahulu .....	29
Tabel 2.2	Sintesa Faktor-Faktor yang Meminimalisir Eskalasi Biaya dari Penelitian Terdahulu .....	32
Tabel 2.3	Sintesa Aplikasi Metode Sistem Dinamik dari Penelitian Terdahulu .....	35
Tabel 2.4	Lingkup dan Metode yang Digunakan pada Penelitian Terdahulu .....	36
Tabel 3.1	Variabel dan Definisi Operasional Variabel yang Menyebabkan Eskalasi Biaya .....	42
Tabel 3.2	Skenario Parameter dalam Melihat Dampaknya terhadap <i>Output</i> Model ..	52
Tabel 3.3	Skenario-skenario Struktur dalam Meminimalkan Besaran Eskalasi Biaya Proyek <i>Multi Years</i> .....	55
Tabel 4.1	Hubungan antara Tingkat Eskalasi dengan Perubahan Harga Material, Upah Tenaga Kerja, dan Sewa Alat .....	62
Tabel 4.2	Hubungan antara Persentase Harga Material dengan Faktor yang Mempengaruhi dalam Kausal Loop Diagram .....	63
Tabel 4.3	Hubungan antara Persentase Harga Upah Tenaga Kerja dengan Faktor yang Mempengaruhi dalam Kausal Loop Diagram.....	64
Tabel 4.4	Hubungan antara Persentase Harga Sewa Alat dengan Faktor yang Mempengaruhi dalam Kausal Loop Diagram .....	64
Tabel 4.5	Hubungan antara Persentase Perubahan/Penambahan Ruang Lingkup Pekerjaan dengan Faktor yang Mempengaruhi dalam Kausal Loop Diagram .....	65
Tabel 4.6	Hubungan antara Persentase Keterlambatan <i>Schedule</i> Proyek dengan Faktor yang Mempengaruhi dalam Kausal Loop Diagram .....	66
Tabel 4.7	Hasil Pengolahan Data dengan Regresi Linier Berganda .....	68
Tabel 4.8	Hasil <i>Running</i> Model .....	78
Tabel 4.9	Validasi Model .....	79
Tabel 4.10	Skenario Parameter dalam Melihat Dampaknya terhadap <i>Output</i> Model .....	80
Tabel 4.11	Hasil Skenario Parameter dalam Melihat Dampaknya terhadap <i>Output</i> Model .....	81
Tabel 4.12	Skenario-skenario Struktur dalam Meminimalkan Besaran Eskalasi Biaya Proyek <i>Multi Years</i> .....	82
Tabel 4.13	Data Faktor-faktor yang dapat Meminimalkan Besaran Eskalasi Biaya Proyek <i>Multi Years</i> .....	83
Tabel 4.14	Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor terhadap Model Awal.....	87
Tabel 4.15	Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> terhadap Model Awal .....	90
Tabel 4.16	Hasil Simulasi Penambahan Faktor Mitigasi Risiko Proyek terhadap Model Awal .....	94
Tabel 4.17	Hasil Simulasi Penambahan Faktor Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek terhadap Model Awal.....	98
Tabel 4.18	Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor dan Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> terhadap Model Awal .....	101

Tabel 4.19 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor dan Mitigasi Risiko Proyek terhadap Model Awal .....	104
Tabel 4.20 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek terhadap Model Awal .....	107
Tabel 4.21 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> dan Mitigasi Risiko Proyek terhadap Model Awal .....	110
Tabel 4.22 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Mitigasi Risiko Proyek dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek terhadap Model Awal .....	114
Tabel 4.23 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek terhadap Model Awal .....	117
Tabel 4.24 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> dan Mitigasi Risiko Proyek terhadap Model Awal .....	120
Tabel 4.25 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor, Mitigasi Risiko Proyek, dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek terhadap Model Awal .....	123
Tabel 4.26 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> , dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek terhadap Model Awal .....	126
Tabel 4.27 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> , Mitigasi Risiko Proyek, dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek terhadap Model Awal .....	129
Tabel 4.28 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/ <i>Expert</i> , Mitigasi Risiko Proyek, dan Pendetailan <i>Schedule</i> Proyek terhadap Model Awal .....	132
Tabel 4.29 Rekapitulasi Skenario Pengembangan Struktur .....	134



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan untuk mendirikan sebuah bangunan yang dilaksanakan hanya satu kali (tidak berulang) dan berjangka waktu tertentu, di mana kegiatannya berurutan, saling berkaitan, dan memerlukan klasifikasi tenaga yang beragam pula. Kegiatan proyek konstruksi bersifat sementara, dalam arti umurnya dibatasi jangka waktu tertentu dengan alokasi sumber daya yang terbatas, unik, dinamis, dan intensitas kegiatannya berubah sepanjang proyek berlangsung. Sesuai dengan karakteristiknya yang bersifat unik, tidak ada proyek konstruksi yang identik (Ervianto, 2002). Artinya setiap tahapan proyek konstruksi memiliki rentang waktu dan membutuhkan sumber daya yang berbeda. Masa pelaksanaan proyek konstruksi ada yang bersifat tahun tunggal (*single year*) dan tahun jamak (*multi years*). Proyek konstruksi *single year* adalah suatu kegiatan proyek yang masa pelaksanaannya kurang dari atau sama dengan satu tahun (dua belas bulan). Sedangkan, proyek konstruksi *multi years* adalah proyek yang masa pelaksanaannya lebih dari satu tahun (lebih dari dua belas bulan).

Proyek *multi years* tentunya memiliki banyak resiko dalam proses pelaksanaannya. Salah satu resiko dalam proyek *multi years* adalah penyesuaian harga atau biasa disebut dengan eskalasi biaya. Eskalasi biaya adalah penyesuaian harga satuan komponen kontrak yang meliputi tenaga kerja, bahan konstruksi, energi dan peralatan terhadap nilai kontrak saat penawaran (Cornell, 2010 dalam Pemkot Banjarmasin, 2010). Penyesuaian harga pada proyek *multi years* disebabkan adanya fluktuasi ekonomi negara yang menyebabkan perubahan harga satuan komponen pekerjaan saat pelaksanaan proyek (Cornell, 2010 dalam Pemkot Banjarmasin, 2010).

Biaya untuk menyelesaikan konstruksi dibentuk dari volume pekerjaan berdasarkan gambar dan spesifikasi pekerjaan serta harga satuan pekerjaan yang didapat dari analisa harga satuan. Dalam penerapannya, harga satuan pekerjaan harus disesuaikan dengan spesifikasi yang ditetapkan baik dalam gambar maupun persyaratan dan mempertimbangkan terhadap kondisi teknis lapangan di lokasi proyek

untuk mendapatkan hasil estimasi yang akurat. Biaya proyek konstruksi tentu juga dipengaruhi oleh masa pelaksanaannya, khususnya proyek *multi years*. Hal ini dikarenakan adanya ketidakpastian dalam fluktuasi ekonomi suatu negara yang bisa berujung resiko kerugian biaya dalam pelaksanaan konstruksi apabila dalam mengestimasi penawaran tidak diperhitungkan.

Intensitas kegiatan proyek konstruksi berubah sepanjang proyek berlangsung dan memiliki banyak item pekerjaan yang harus dikelola. Hal ini tentunya menjadi perhatian khusus untuk proyek *multi years*. Proyek *multi years* dengan durasi lebih dari satu tahun tentu akan sangat berpotensi memiliki resiko-resiko di dalam masa pelaksanaannya, bukan hanya dari fluktuasi ekonomi yang berpengaruh terhadap eskalasi biaya melainkan juga dari beberapa hal seperti cuaca buruk, perubahan lingkup pekerjaan, keterlambatan pekerjaan, pemogokan tenaga kerja, dan permasalahan-permasalahan teknis (perubahan gambar, spesifikasi, dan kontrak). Keadaan seperti di atas akan sangat berpengaruh terhadap masa pelaksanaan dan biaya proyek apabila tidak diantisipasi khususnya masalah fluktuasi ekonomi yang berpengaruh terhadap eskalasi biaya. Oleh karena itu dibutuhkan suatu pendekatan untuk dapat menghitung besaran biaya eskalasi berdasarkan resiko-resiko proyek *multi years*.

Harga penawaran yang diajukan oleh kontraktor dalam proses tender/lelang terdiri dari biaya pelaksanaan konstruksi, *overhead*, dan *profit*. Keakuratan estimasi biaya konstruksi meningkat sesuai dengan tahapan proyek, dari perencanaan, desain hingga estimasi akhir pada saat penyelesaian proyek (Sudiarta, 2011). Keakuratan estimasi penawaran dalam proyek *multi years* merupakan hal yang sangat penting karena akan berpengaruh pada pelaksanaan proyek dan menjadi salah satu parameter keberhasilan kontraktor dalam pelaksanaan proyek tersebut. Berbagai faktor mempengaruhi keakuratan estimasi biaya proyek *multi years*, salah satunya adalah pengetahuan akan risiko terhadap ketidakpastian fluktuasi ekonomi berupa kenaikan harga tenaga kerja, bahan konstruksi, dan peralatan konstruksi yang mungkin terjadi. Hal ini menyebabkan kesulitan bahkan kerugian bagi kontraktor apabila tidak diperhitungkan pada saat estimasi biaya. Berdasarkan hal tersebut, jelas terlihat bahwasanya biaya proyek *multi years* memiliki kompleksitas yang sangat tinggi ditambah dengan banyak sekali item pekerjaan dan sumber daya yang harus dikerjakan

dan dikelola. Kontraktor harus berpikir dan mengetahui 5W+1H atas masing-masing item pekerjaan. Setelah mengetahui, kontraktor juga harus melaksanakan dan mengendalikannya agar sesuai target waktu dan persyaratan yang ditentukan serta tentu sesuai dengan biaya yang ditargetkan.

Biaya proyek dipengaruhi oleh banyak faktor dan antara faktor yang satu dengan yang lain saling berhubungan / *dependent*. Biaya proyek juga akan berubah terkait dengan berjalannya waktu yang artinya kemungkinan terjadinya perubahan biaya dipengaruhi oleh perjalanan waktu. Seiring dengan berjalannya waktu, faktor-faktor ini ikut berubah, akibatnya biaya pun ikut berubah. Kareth, *et.al.* (2012) menjelaskan bahwa biaya proyek akan meningkat jika waktu pelaksanaan proyek diperlambat/diperpanjang. Untuk mendekati kondisi karakteristik seperti di atas, bisa didekati dengan pendekatan model sistem dinamik. Permodelan dengan pendekatan sistem dinamik dapat memberikan wawasan tentang bentuk saling ketergantungan dan perilaku antar variabel kunci yang berkontribusi terhadap eskalasi biaya, sehingga dapat digunakan dalam proses pembelajaran dan perbaikan untuk proyek – proyek *multi years* lain di masa mendatang dengan lebih efisien.

Sebelumnya sudah banyak literatur/penelitian yang dilakukan tentang eskalasi biaya dalam proyek konstruksi beberapa diantaranya adalah Kumalasari dan Hapsari (2005) yang melakukan penelitian perhitungan eskalasi menggunakan *leading economic indicators* sebagai alternatif perhitungan eskalasi; Touran dan Lopez (2006) yang menjelaskan sebuah model komputer yang dirancang untuk menggabungkan efek kenaikan biaya pada proyek-proyek konstruksi besar.; Fatoni dan Hanif (2013) yang mengkaji tentang eskalasi biaya pada proyek infrastruktur tahun jamak dengan studi kasus Proyek Pembangunan Waduk Jatigede dan Proyek Pembangunan Waduk Jatibarang dengan tata cara perhitungan sesuai Perpres Nomor 70 Tahun 2012 pasal 92 ayat 3.; dan Vamsidhar, *et al* (2014) yang membahas tentang peningkatan pesat dalam harga bahan bangunan, tenaga kerja, dan biaya peralatan untuk mengetahui persentase kenaikan biaya konstruksi.

Setiap metode yang digunakan pada penelitian di atas memiliki kelemahan dan kelebihan. Kelemahan mendasar dari metode yang dilakukan yaitu tidak menggambarkan hubungan antar faktor/variabel yang dapat menyebabkan eskalasi biaya. Dari peneltian di atas, sistem dinamik masih belum digunakan sebagai metode

penelitian. Padahal dalam kenyataannya, banyak faktor yang mempengaruhi eskalasi biaya proyek. Faktor-faktor tersebut juga berkorelasi dan memiliki hubungan yang non linier antara yang satu dengan yang lainnya. Pada proyek yang panjang waktu pelaksanaannya, seperti pada proyek *multi years*, kondisi faktor tersebut berubah seiring waktu. Sistem dinamik merupakan sebuah metode yang dapat mengakomodasi dan mengeliminasi kelemahan dari metode estimasi eskalasi sebelumnya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan digunakan sistem dinamik sebagai metode penelitian untuk mencari hubungan/interaksi dan mengakomodir hubungan non linear antar faktor yang mempengaruhi eskalasi biaya proyek *multi years* dan mencari tren/kecenderungan eskalasi biaya pada proyek *multi years*.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, permasalahan yang menjadi pokok bahasan kajian penelitian ini yaitu:

1. Apa saja faktor-faktor penyebab eskalasi biaya?
2. Bagaimana hubungan antar faktor penyebab eskalasi biaya dalam proyek *multi years*?
3. Bagaimana tren atau kecenderungan eskalasi biaya pada proyek *multi years*?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab eskalasi biaya.
2. Membentuk model hubungan antar faktor penyebab eskalasi biaya.
3. Mempelajari tren atau kecenderungan eskalasi biaya pada proyek *multi years*.

### **1.4. Batasan Penelitian**

Ruang lingkup masalah dari penelitian ini meliputi:

1. Objek penelitian adalah proyek konstruksi tahun jamak (*multi years*) yang dikerjakan oleh PT. PP (Persero) Tbk.
2. Pendekatan model yang digunakan merupakan sistem pemodelan dinamik yang menjadi pertimbangan dalam estimasi besaran biaya eskalasi proyek *multi years*.

## **1.5. Manfaat Penelitian**

### **a. Manfaat Praktis**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam penyusunan estimasi penawaran harga kontraktor. Dengan didapatnya suatu pemodelan sistem dinamik dalam menghitung besaran biaya eskalasi pada proyek *multi years*, diharapkan dapat membantu kontraktor dalam menentukan tingkat keakuratan dari estimasi penawaran harga. Kontraktor lebih dapat merencanakan harga penawaran dengan memperhitungkan risiko yang lebih matang. Selain itu, kontraktor dapat memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan pengeluaran biaya tak terduga karena risiko-risiko yang mungkin terjadi akibat ketidakpastian fluktuasi ekonomi berupa kenaikan harga tenaga kerja, bahan konstruksi, dan peralatan konstruksi.

### **b. Manfaat Teoritis**

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi penelitian-penelitian sejenis dan menambah keilmuan bagi penelitian-penelitian di bidang *cost management*.



*halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini menjelaskan definisi dan terminologi dari proyek konstruksi, biaya proyek, eskalasi biaya, dan sistem dinamik sebagai *tool* yang digunakan sebagai sarana dalam pengembangan skenario-skenario yang bertujuan meminimalisir timbulnya eskalasi biaya pada proyek konstruksi *multi years*. Dibahas pula penelitian-penelitian terdahulu baik terkait eskalasi biaya, yang membahas mengenai faktor-faktor apa saja yang menyebabkan eskalasi biaya, dan penelitian-penelitian terdahulu terkait aplikasi metode sistem dinamik, yang membahas aplikasi sistem dinamik di mana sudah banyak dilakukan di dalam manajemen proyek konstruksi, serta posisi penelitian penulis.

#### **2.1. Definisi dan Terminologi**

##### **2.1.1. Proyek Konstruksi**

Proyek adalah sebuah usaha yang bersifat sementara untuk menghasilkan produk atau layanan yang unik, melibatkan beberapa orang yang saling berhubungan aktivitasnya dan sponsor utama proyek biasanya tertarik dalam penggunaan sumber daya yang efektif untuk menyelesaikan proyek secara efisien dan tepat waktu (Schwelbe, 2006). Menurut Cleland dan King (1987), proyek adalah gabungan dari berbagai sumber daya, yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai suatu sasaran tertentu. Adapun menurut Larson (2000), proyek adalah kegiatan yang kompleks, tidak rutin, usaha satu waktu yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya, dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.

Konstruksi sendiri merupakan suatu proses di mana rencana dan spesifikasi perencana/perancang dikonversikan menjadi struktur dan fasilitas fisik. Menurut Dipohusodo (1996), proyek konstruksi ialah proyek yang berkaitan dengan upaya pembangunan sesuatu bangunan infrastruktur, yang umumnya mencakup pekerjaan pokok yang di dalamnya termasuk dalam bidang teknik sipil dan arsitektur. Sehingga dapat dikatakan bahwa proyek konstruksi adalah suatu rangkaian usaha yang terdiri

dari berbagai pekerjaan yang berkaitan untuk mendirikan suatu bangunan dengan waktu tertentu dan dengan alokasi sumber daya yang terbatas.

### **2.1.2. Biaya Proyek**

Biaya merupakan sumber daya yang dikeluarkan untuk mencapai sasaran tertentu (Hongren *et al.*, 1994). Dalam sebuah proyek, biaya merupakan sumber yang terbatas, oleh sebab itu perlu adanya pengelolaan secara tepat agar biaya tersebut tidak melampaui batas. Sehingga dapat dikatakan biaya proyek adalah biaya-biaya yang diperlukan untuk tiap pekerjaan dalam menyelesaikan suatu proyek. Biaya proyek dikelompokkan menjadi dua kelompok besar, yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

Biaya langsung adalah biaya (sumber daya) yang berkaitan langsung dan dikeluarkan hanya untuk menyelesaikan kegiatan/ pekerjaan (AACE, 2004). Komponen-komponen biaya langsung adalah sebagai berikut:

#### **1. Biaya Material**

Biaya material merupakan biaya yang dikeluarkan dalam pengadaan material yang dipengaruhi oleh jenis material, sistem pengadaan material, dan fasilitas pendukung pengadaan material (AACE, 2004). Pengadaan material meliputi kegiatan pembelian, penerimaan dan penyimpanan material di lokasi proyek, dan persiapan dan penyusunan dokumen yang diperlukan (Soeharto, 1998).

#### **2. Biaya Upah / Tenaga Kerja**

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, biaya upah dibedakan atas biaya upah harian, upah borongan, dan upah berdasarkan produktivitas (Dimiyati dan Nurjaman, 2014). Besar upah harian dibayarkan per satuan waktu, misalnya harian bergantung pada jenis keahlian pekerja, lokasi pekerjaan, jenis pekerjaan, dan sebagainya. Besar upah borongan bergantung pada kesepakatan bersama kontraktor dan pekerja atas suatu jenis item pekerjaan. Dan yang terakhir, besar upah berdasarkan produktivitas bergantung pada banyaknya pekerjaan yang dapat diselesaikan oleh pekerja dalam satu satuan waktu tertentu.

### 3. Biaya Peralatan (*Equipment*)

Unsur-unsur biaya yang terdapat pada biaya peralatan adalah modal, biaya sewa, biaya pemeliharaan, biaya operator, biaya mobilisasi, biaya demobilisasi, dan lainnya yang menyangkut biaya peralatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya biaya alat antara lain: jenis peralatan, efisiensi kerja, kondisi cuaca, kondisi lokasi, dan jenis material atau bahan yang dikerjakan (AHSP, 2012).

### 4. Biaya Subkontraktor

Biaya ini diperlukan jika ada bagian pekerjaan diserahkan atau dikerjakan oleh subkontraktor. Subkontraktor ini bertanggung jawab dan dibayar oleh kontraktor utama.

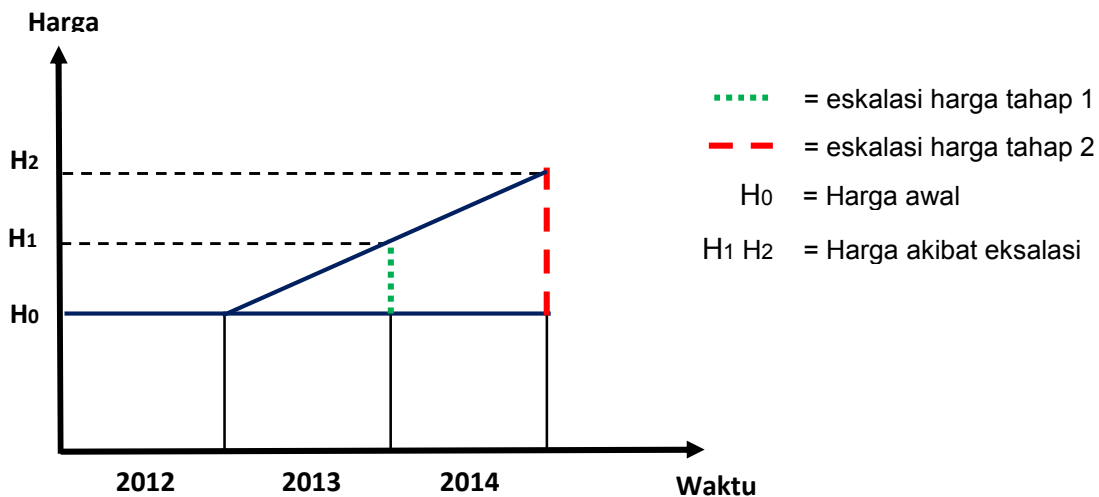
Biaya tidak langsung adalah biaya yang berhubungan dengan pengawasan, pengarahan kerja, dan pengeluaran umum di luar biaya konstruksi (Dimiyati dan Nurjaman, 2014). Biaya ini disebut juga biaya *overhead*. Biaya ini tidak bergantung pada volume pekerjaan, tetapi bergantung pada jangka waktu pelaksanaan pekerjaan. Biaya tidak langsung akan naik apabila waktu pelaksanaan semakin lama karena biaya untuk gaji pegawai, biaya umum perkantoran tetap, dan biaya pengadaan sarana umum (listrik, air, telepon) juga tetap dibayar.

Biaya langsung dan tidak langsung secara keseluruhan membentuk biaya proyek, sehingga pada pengendalian dan estimasi biaya, kedua jenis biaya ini perlu diperhatikan. Baik biaya langsung maupun biaya tak langsung akan berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tapi pada umumnya makin lama proyek berjalan maka makin tinggi kumulatif biaya tak langsung diperlukan (Soeharto, 1995).

#### **2.1.3. Eskalasi Biaya**

Eskalasi biaya adalah penyesuaian harga satuan komponen kontrak yang meliputi tenaga kerja, bahan, dan peralatan konstruksi terhadap nilai kontrak saat penawaran (Cornell, 2010 dalam Pemkot Banjarmasin, 2010). Menurut Hansen (2015), eskalasi adalah penyesuaian harga konstruksi terkait dengan perubahan harga pasar. Adapun menurut kamus Websters (*Websters dictionary*), eskalasi biaya konstruksi

adalah peningkatan biaya setiap elemen konstruksi yang diperlukan untuk pekerjaan kontrak asli yang terjadi selama konstruksi. Tidak semua kontrak bisa mendapatkan eskalasi biaya. Kontrak tahun tunggal (*single year*) tidak diberlakukan penyesuaian harga, walaupun tidak menutup kemungkinan hal ini terjadi. Penyesuaian harga pada umumnya diberikan kepada kontrak-kontrak yang bersifat *multi years*. Penyesuaian harga pada proyek *multi years* disebabkan adanya fluktuasi ekonomi negara yang menyebabkan perubahan harga satuan komponen pekerjaan saat pelaksanaan proyek. Dengan adanya penyesuaian harga, maka penyedia jasa harus menyediakan dana yang harus dibayarkan akibat penyesuaian harga tersebut. Ilustrasi penyesuaian harga terhadap nilai kontrak dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Grafik Ilustrasi Penyesuaian Harga

#### 2.1.4. Sistem Dinamik

Menurut Coyle (1979), sistem dinamik adalah suatu metode analisis permasalahan dimana waktu merupakan salah satu faktor penting, dan meliputi pemahaman bagaimana suatu sistem dapat dipertahankan dari gangguan di luar sistem, atau dibuat sesuai dengan tujuan dari pemodelan sistem yang akan dibuat. Menurut Richardson dan Pugh (1986), sistem dinamik adalah metodologi untuk memahami suatu masalah yang kompleks. Metodologi ini dititikberatkan pada kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku masalah-masalah yang dapat



dimodelkan oleh sistem dinamik. Adapun menurut Forrester (1999), sistem dinamik adalah suatu bidang untuk memahami bagaimana sesuatu berubah menurut waktu. Sistem ini dibentuk oleh persamaan-persamaan diferensial. Persamaan diferensial digunakan untuk masalah-masalah biofisik yang diformulasikan sebagai keadaan di masa datang yang tergantung dari keadaan sekarang. Sedangkan menurut Wolstenholme (1989) di dalam Daalen dan Thissen (2001), sistem dinamik adalah suatu metode pendeskripsian kualitatif, pemahaman, dan analisis sistem kompleks dalam ruang lingkup proses, informasi, dan struktur organisasi, yang memudahkan dalam simulasi pemodelan kuantitatif dan analisis kebijakan dari struktur sistem dan kontrol.

Metodologi sistem dinamik diperkenalkan pertama kali oleh Jay Forrester dari MIT (Massachusetts Institute of Technology) pada tahun 1958. Dalam bidang studi ini, sistem didefinisikan sebagai kumpulan elemen-elemen yang terus-menerus berinteraksi dari waktu ke waktu untuk membentuk suatu kesatuan yang utuh. Hubungan yang mendasari antara komponen sistem ini disebut struktur sistem. Istilah Dinamika ini mengacu perubahan dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, sebuah sistem yang menunjukkan variabel berinteraksi untuk mensimulasikan perubahan dari waktu ke waktu. Dinamika sistem adalah metodologi yang digunakan untuk mempelajari dan memahami bagaimana sistem berubah dari waktu ke waktu.

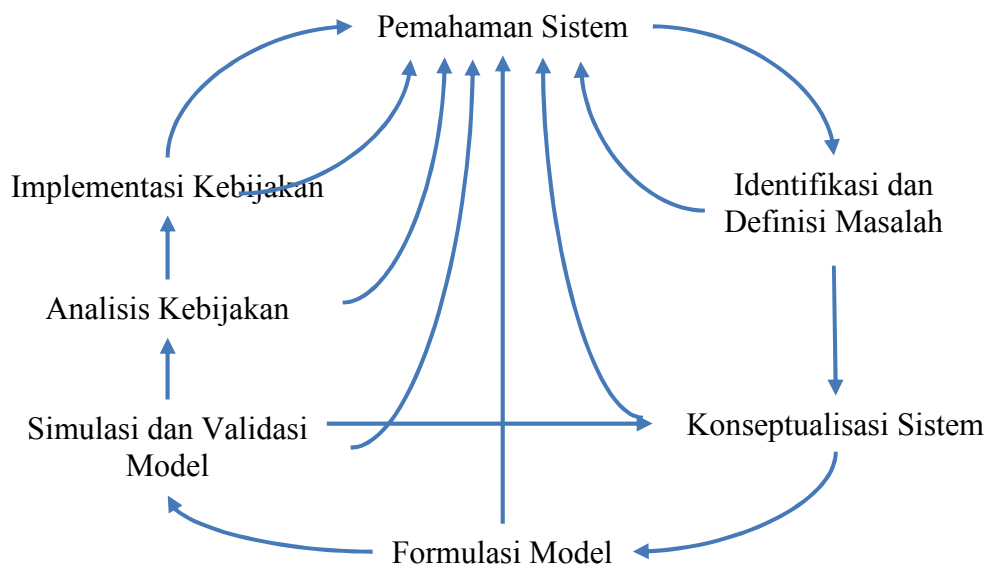
## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Pemodelan Sistem Dinamik**

Sistem dinamik merupakan suatu metodologi untuk mempelajari permasalahan di sekitar yang melihat permasalahan secara keseluruhan. Metodologi ini tidak seperti metodologi lain yang mengkaji permasalahan dengan memilahnya menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan saling membatasi. Konsep utama sistem dinamik adalah pemahaman tentang bagaimana semua obyek dalam suatu sistem saling berinteraksi satu dengan yang lain. Didasari oleh filosofi kausal, tujuan metodologi sistem dinamik adalah mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang cara kerja suatu sistem (Asyiawati 2002). Permasalahan dalam suatu sistem dilihat tidak disebabkan oleh pengaruh luar namun dianggap disebabkan oleh struktur internal sistem. Fokus utama

dari metodologi sistem dinamik adalah pemahaman atas sistem sehingga langkah pemecahan masalah dengan metodologi sistem dinamik, yaitu: (Gambar 2.2);

1. Identifikasi dan definisi masalah
2. Konseptualisasi sistem
3. Formulasi model
4. Simulasi dan validasi model
5. Analisis kebijakan
6. Implementasi kebijakan



Gambar 2.2 Metodologi Sistem Dinamik (Sushil, 1993)

### 2.2.2. Konsep Sistem Dinamik

Pemahaman tentang sistem melahirkan identifikasi dan definisi atas permasalahan yang terjadi dalam sistem tersebut. Konseptualisasi sistem kemudian dilakukan atas dasar permasalahan yang didefinisikan. Ini akan menimbulkan pemahaman yang lebih mendalam atas sistem yang selanjutnya mungkin akan menimbulkan redefinisi masalah sampai konseptualisasi sistem dinyatakan dapat diterima. Didasari atas konseptualisasi sistem ini, selanjutnya model diformulasikan secara detail dalam persamaan matematis yang juga akan menimbulkan tambahan pemahaman atas sistem. Formulasi terus berlangsung dengan tujuan mendapatkan model logis yang dapat merepresentasikan sistem nyata. Kemudian model

disimulasikan dan dilakukan validasi yang juga akan menimbulkan umpan balik tentang pemahaman atas sistem. Hasil validasi kemudian akan menimbulkan proses perbaikan dan reformulasi model. Akhirnya dilakukan analisis kebijakan pada model yang telah valid dan ini akan menambah pemahaman atas sistem.

Sterman (2000) mendefinisikan, bahwa sistem dinamik adalah metode untuk meningkatkan pembelajaran dalam sistem yang kompleks. Metode sistem dinamik berhubungan erat dengan pertanyaan-pertanyaan tentang trend atau pola perilaku dinamik (sejalan dengan bertambahnya waktu) dari sebuah sistem yang kompleks. Penggunaan sistem dinamik diarahkan kepada bagaimana dengan memahami perilaku sistem tersebut orang dapat meningkatkan efektivitas dalam merencanakan suatu kebijakan dan pemecahan masalah yang timbul.

### **2.2.3. Aturan yang Berlaku dalam Sistem Dinamik**

Simulasi sistem dinamik diatur berdasarkan prinsip: (1) *cause-effect* (sebab-akibat), (2) *feedback* (umpan balik), (3) *delay* (tunda). Simulasi yang lengkap dan komprehensif pasti menggunakan ketiga prinsip tersebut untuk menghasilkan perilaku sistem yang mendekati dunia nyata. Sistem dinamik memandang bahwa suatu sistem memiliki loop tertutup, konsep dasar sistem dinamik adalah mengenai umpan balik, sehingga setiap variabel yang ada pada sistem dapat memiliki dua peran yaitu sebagai penyebab dan sebagai akibat. Dalam sistem tertutup, perubahan pada suatu variabel dapat mempengaruhi perubahan pada keseluruhan lingkungan dalam sistem, termasuk variabel itu sendiri. Umpan balik merupakan suatu proses di mana suatu variabel penyebab melewati suatu rantai hubungan kausal sehingga menyebabkan perubahan pada variabel penyebab itu sendiri.

Untuk menggambarkan sebuah konsep umpan balik pada struktur sistem, dalam sistem dinamik dikenal diagram kausal (*causal loop diagrams*). *Causal loop diagrams* sangat baik untuk (Sterman, 2000):

1. Menangkap secara cepat sebuah hipotesis tentang penyebab dinamika.
2. Menimbulkan dan menangkap model mental individu atau kelompok.
3. Komunikasi umpan balik penting yang dipercaya sebagai tanggung jawab untuk sebuah masalah.

Umpan balik dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- Umpan Balik Positif

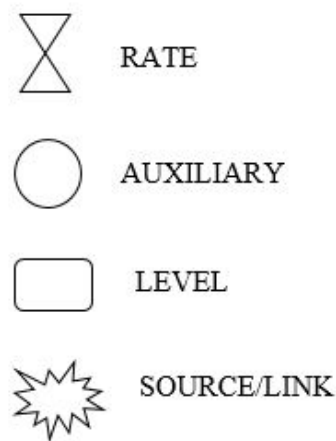
Suatu umpan balik disebut positif jika peningkatan pada suatu variabel, mengakibatkan peningkatan pada variabel yang lain. Artinya jika variabel A menguat (melemah) menyebabkan variabel B menguat (melemah). Umpan balik jenis ini dapat ditemui pada sistem yang memiliki perilaku pola eksponensial.

- Umpan Balik Negatif

Suatu umpan balik disebut negatif apabila peningkatan pada suatu variabel akan mengakibatkan penurunan pada variabel yang lain. Umpan balik negatif bersifat menstabilisasi sistem atau menyeimbangkan sistem. Artinya jika variabel A menguat (melemah) menyebabkan variabel B melemah (menguat). Umpan balik negatif dapat ditemui pada sistem yang memiliki perilaku dengan pola osilasi.

Inti dalam melakukan analisis sistem dinamik yaitu diperlukannya tahapan-tahapan untuk dapat menghasilkan sebuah model yang baik dari sistem amatan. Model merupakan representasi dari sistem nyata, suatu model dikatakan baik bila perilaku model tersebut dapat menyerupai sistem sebenarnya dengan syarat tidak melanggar prinsip-prinsip berpikir sistem. Dalam membangun suatu model sangat dipengaruhi oleh subjektivitas seseorang atau organisasi, maka perlu adanya penyempurnaan yang dilakukan secara terus-menerus dengan menggali informasi dan potensi yang relevan (Winardi, 1989). Empat keuntungan penggunaan model dalam penelitian dengan menggunakan pendekatan sistem (Barlas, 1996) yaitu: Pertama, memungkinkan melakukan penelitian yang bersifat lintas sektoral dengan ruang lingkup yang luas. Kedua, dapat melakukan eksperimentasi terhadap sistem tanpa mengganggu (memberikan perlakuan) tertentu terhadap sistem. Ketiga, mampu menentukan tujuan aktivitas pengelolaan dan perbaikan terhadap sistem yang diteliti. Dan keempat, dapat dipakai untuk menduga (meramal) perilaku dan keadaan sistem pada masa yang akan datang. Pembuatan model sistem dinamik umumnya dilakukan dengan menggunakan *software* yang memang dirancang khusus. *Software* tersebut seperti *Powersim*, *Vensim*, *Stella* dan *Dynamo*. Dengan *software* tersebut model dibuat secara grafis dengan simbol-simbol untuk variabel dan hubungannya, yang meliputi dua hal yaitu struktur

dan perilaku. Pola yang mempengaruhi keterkaitan antar unsur tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Jenis Variabel dalam Sistem Dinamik

Dalam merepresentasikan aktivitas dalam suatu lingkaran umpan-balik, digunakan dua jenis variabel yang disebut sebagai *Stock (Level)* dan *Flow (Rate)*. *Level* menyatakan kondisi sistem pada setiap saat, *level* merupakan akumulasi yang terjadi di dalam sistem. *Rate* merupakan suatu struktur kebijaksanaan yang menjelaskan mengapa dan bagaimana suatu keputusan dibuat berdasarkan kepada informasi yang tersedia di dalam sistem, *rate* inilah satu-satunya variabel dalam model yang dapat mempengaruhi *level*. *Auxiliary* adalah beberapa hal yang dapat melengkapi variabel *stock* dan *rate*, dalam memodelkan sistem dinamik. *Source* atau *Sink* adalah rangkaian komponen-komponen diluar batas model (Suryani, 2006).

#### 2.2.4. Pengembangan Model

Pendekatan Sistem Dinamik dilakukan dengan membangun sebuah model sistem amatan. Model merupakan penggambaran dari keadaan yang sebenarnya dengan cara memperlihatkan bagian-bagian utama yang ingin ditonjolkan. Menurut Forrester (1968), model merupakan dasar dari penyelidikan eksperimental yang relatif murah dan hemat waktu dibandingkan jika mengadakan percobaan pada sistem nyata. Menurut Khasana (2010), dalam pembuatan model simulasi ini, hal yang paling penting adalah mendefinisikan permasalahan yang akan diteliti, menentukan batasan

masalah dan *time horizon* pengamatan dan mendapat variabel-variabel yang berpengaruh terhadap sistem amatan untuk membuat hipotesis mengenai perilaku sistem yang dimodelkan. Kemudian variabel-variabel tersebut dihubungkan dengan tanda panah untuk menunjukkan hubungan sebab akibat. Kemudian dari hubungan sebab akibat yang telah dibuat, akan dibuat diagram alir untuk menjalankan model yang telah dibuat. Pada diagram alir inilah akan dimasukkan parameter-parameter atau nilai-nilai sesuai keadaan nyata. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji verifikasi dan validasi terhadap model, baru dilakukan formulasi dan skenario permodelan.

### 2.2.5. Konsep Validasi dan Pengujian Model

Validasi model merupakan pertimbangan utama dalam mengevaluasi apakah model yang dibuat representatif dengan keadaan nyata. Pengujian model dapat dilakukan dengan menguji struktur dan perilaku model (Schreckengost, 1985). Validasi model merupakan langkah yang sangat penting dalam metodologi dinamika sistem. Menurut Barlas (1996), proses validasi dibagi dalam dua macam. Berikut adalah macam dari proses validasi tersebut :

1. Perbandingan rata – rata (*Mean Comparison*)

$$E1 = \frac{|S-A|}{A}, \quad (2.1)$$

dengan:

S = nilai rata – rata hasil simulasi

A = nilai rata – rata data

Model dianggap valid bila  $E1 \leq 5 \%$

2. Perbandingan Variasi Amplitudo

$$E2 = \frac{|Ss-Sa|}{Sa}, \quad (2.2)$$

dengan:

Ss = standard deviasi model

Sa = standard deviasi data

Model dianggap valid bila  $E2 \leq 30 \%$

#### **2.2.6. Uji Struktur Model**

Uji struktur model (*white-box method*) mempunyai tujuan untuk melihat apakah struktur model yang dibangun sudah sesuai dengan struktur sistem nyata. Setiap faktor yang mempengaruhi faktor yang lain harus tercermin dalam model. Pengujian ini dilakukan oleh orang-orang yang mengenal konsep dan sistem yang dimodelkan. Dalam Sistem Dinamik, hal utama yang dipertimbangkan adalah eksploitasi sistem nyata, pengalaman dan intuisi (hipotesis), sedangkan data memainkan peranan sekunder.

#### **2.2.7. Uji Parameter Model**

Uji parameter model dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu validasi variabel input dan validasi logika dalam hubungan antar variabel. Validasi variabel input dilakukan dengan membandingkan data historis nyata dengan data yang diinput ke dalam model. Sedangkan validasi logika antar variabel dilakukan dengan mengecek logika yang ada di dalam sistem, baik input maupun output. Hal ini diilustrasikan seperti, apabila variabel A naik, maka variabel B juga naik (jika memiliki hubungan kausal positif). Logika ini juga harus terbukti dalam model simulasi yang di *running*.

#### **2.2.8. Uji Kecukupan Batasan**

Setiap variabel yang berkaitan dengan model harus dimasukkan karena merupakan representasi dari sistem nyata. Oleh karenanya dalam sistem dinamik tidak ada batasan model yang digunakan, namun hanya dibatasi uji kecukupan batasan. Uji ini dilakukan dengan menguji variabel apakah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tujuan model. Apabila tidak memiliki pengaruh yang signifikan, maka variabel tidak perlu dimasukkan ke dalam model.

#### **2.2.9. Uji Kondisi Ekstrem**

Uji kondisi ekstrem bertujuan untuk menguji kemampuan model apakah berfungsi dengan baik dalam kondisi ekstrem sehingga memberi kontribusi sebagai instrumen evaluasi kebijakan. Pengujian ini akan menunjukkan kesalahan struktural maupun kesalahan nilai parameter. Pengujian ini dilakukan dengan memasukkan nilai ekstrem terbesar maupun terkecil pada variabel terukur dan terkendali. Pengujian ini

menggunakan logika yang sama dengan uji kecukupan batasan, yaitu apabila variabel A naik, maka variabel B juga naik (jika memiliki hubungan kausal positif), begitu juga sebaliknya. Apabila tidak sesuai, maka model dapat dikatakan tidak valid dalam kondisi ekstrim.

#### **2.2.10. Uji Perilaku Model**

Uji perilaku model atau replikasi dilakukan untuk mengetahui apakah model sudah berperilaku sama dengan kondisi nyata atau representatif. Pengujian ini dapat dilakukan dengan membandingkan data simulasi dengan data sebenarnya dengan menggunakan model (Barlas, 1996).

### **2.3. Penelitian Terdahulu**

Untuk memperjelas posisi penelitian ini, maka disusun suatu tinjauan ulang terhadap penelitian-penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya dengan berdasarkan pada pendekatan tinjauan dari kesamaan obyek bahasan maupun dengan kesamaan metode yang digunakan.

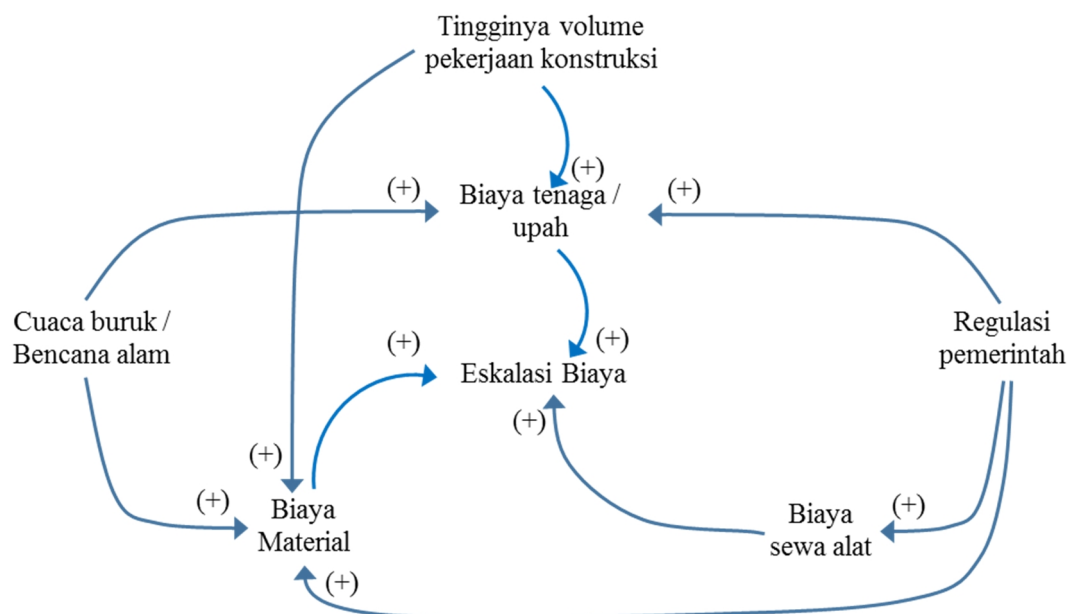
#### **2.3.1. Penelitian yang Terkait dengan Eskalasi Biaya**

Berikut akan dipaparkan mengenai penelitian-penelitian yang terkait dengan eskalasi biaya. Bagian pertama akan dijelaskan mengenai penelitian dengan pembahasan tentang faktor-faktor yang menyebabkan kenaikan eskalasi biaya setiap tahunnya. Sedangkan pada bagian kedua akan dijelaskan mengenai penelitian yang berkaitan dengan faktor-faktor yang dapat menekan kenaikan eskalasi biaya tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Morris dan Willson (2006). Penelitian yang dilakukan peneliti di atas membahas tentang bagaimana mengukur atau mengelola eskalasi pada proyek-proyek konstruksi. Penelitian ini bertujuan agar para pelaku/partisipan proyek konstruksi dapat melacak sejauh mana eskalasi dan bekerja sama untuk meminimalkan dampak kenaikan biaya pada keberhasilan proyek. Sejumlah faktor yang bertanggung jawab atas kenaikan biaya konstruksi adalah bencana alam besar, kenaikan biaya bahan, gangguan harga pasar, tingginya volume pekerjaan konstruksi, dan regulasi pemerintah. Faktor di atas memiliki keterkaitan



antara yang satu dengan yang lain, seperti dalam hal terjadinya bencana alam besar dalam suatu bagian negara. Bencana yang menghancurkan berbagai properti tentunya menciptakan permintaan yang sangat tinggi untuk bahan bangunan dan tenaga kerja untuk perbaikan. Di wilayah yang terkena dampak bencana besar, ada permintaan yang sangat tinggi untuk jasa konstruksi, yang mengarah ke peningkatan pasar yang ditandai dalam biaya tenaga kerja dan bahan, dan dalam kompetisi untuk kontraktor. Untuk regulasi pemerintah dalam penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan regulasi pemerintah ini biasanya menambahkan sekitar satu persen per tahun dalam jangka panjang untuk biaya konstruksi. Selain perubahan dalam kode atau regulasi, perubahan dalam review atau penegakan dapat berdampak pada biaya konstruksi. Ketika volume konstruksi yang sangat tinggi, tinjauan/ulasan, izin, dan inspeksi dapat secara signifikan tertunda. Dalam periode kenaikan biaya tinggi, keterlambatan proyek meningkatkan biaya dalam dua cara utama. Dalam contoh pertama, penundaan meningkatkan dampak dari eskalasi. Dampak kedua adalah tekanan pada seluruh tim proyek untuk mempercepat proyek, yang dapat melibatkan *prebidding* bagian dari pekerjaan, persetujuan ditangguhkan, atau hanya mempercepat jadwal konstruksi yang berkaitan dengan upah tenaga kerja. Hubungan antar variabel penyebab eskalasi biaya pada penelitian ini bisa dilihat pada gambar 2.4.



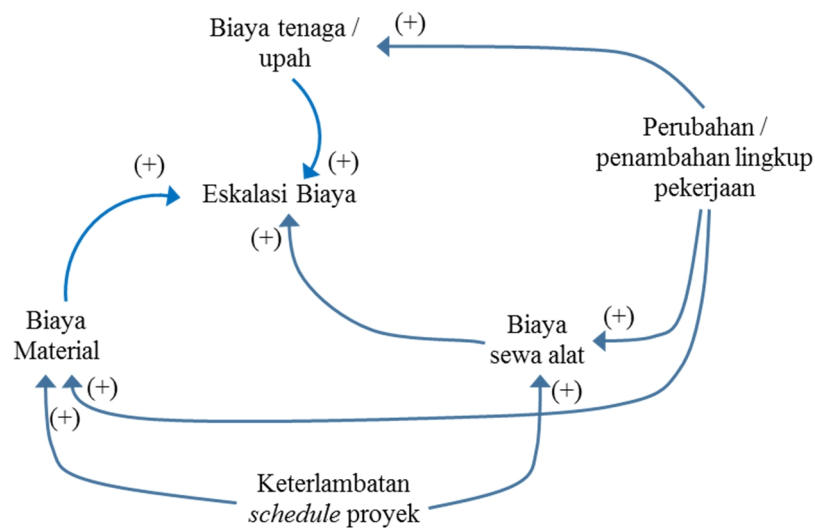
Gambar 2.4 Hubungan antar Variabel Penyebab Eskalasi Biaya (Morris. P *et al*, 2006)

Penelitian yang dilakukan oleh Kaliba *et al.*, (2008). Penelitian yang dilakukan peneliti di atas membahas tentang eskalasi biaya dan keterlambatan jadwal pekerjaan. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab dan dampak eskalasi biaya dan penundaan jadwal di proyek pembangunan jalan di Zambia. Menggunakan tinjauan literatur rinci, wawancara terstruktur dan survei kuesioner, hasil studi ini mengkonfirmasi prevalensi biaya eskalasi dan penundaan jadwal proyek pembangunan jalan di Zambia. Penelitian ini menetapkan bahwa cuaca buruk karena hujan lebat dan banjir, perubahan ruang lingkup, perlindungan lingkungan dan biaya mitigasi, keterlambatan jadwal pekerjaan, pemogokan, tantangan teknis, inflasi dan tekanan pemerintah daerah adalah penyebab utama dari eskalasi biaya dalam proyek pembangunan jalan Zambia. Di sisi lain, penundaan pembayaran, proses keuangan dan kesulitan dari pihak kontraktor dan klien, modifikasi kontrak, masalah ekonomi, pengadaan bahan, perubahan gambar, masalah kepegawaian, tidak tersedianya peralatan, pengawasan yang minim, kesalahan konstruksi, koordinasi yang buruk di lapangan, perubahan spesifikasi dan perselisihan kerja dan pemogokan yang ditemukan menjadi penyebab utama keterlambatan jadwal pekerjaan di proyek pembangunan jalan.

Penelitian yang dilakukan oleh Shane *et al.*, (2009). Penelitian yang berjudul *Construction Project Cost Escalation Factors* membahas tentang analisa faktor-faktor yang menyebabkan eskalasi biaya pada proyek konstruksi. Sebagai bagian dari penelitian yang lebih besar yang ingin meningkatkan perkiraan biaya dan manajemen biaya dari konsepsi proyek untuk ditawarkan dalam satu hari, kajian literatur secara menyeluruh dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi perkiraan biaya. Tinjauan literatur termasuk mengeksplorasi laporan penelitian dan publikasi, laporan pemerintah, artikel berita, dan sumber-sumber yang diterbitkan lainnya. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu didapat delapan belas faktor-faktor penyebab eskalasi biaya yang dibagi menjadi dua klasifikasi, yaitu internal dan eksternal. Faktor Internal yaitu terlalu optimis, pengadaan material, perubahan schedule proyek, kerumitan konstruksi, perubahan lingkup pekerjaan, penambahan lingkup pekerjaan, kesalahan estimasi, pemakaian yang tidak konsisten dalam kontingensi, kesalahan pelaksanaan, ketentuan kontrak yang ambigu, dan konflik dalam dokumen kontrak; sedangkan yang termasuk dalam faktor eksternal yaitu

kepentingan dan persyaratan daerah setempat, efek inflasi, perubahan lingkup pekerjaan, penambahan lingkup pekerjaan, kondisi pasar, peristiwa tidak terduga, dan kondisi tidak terduga.

Sama seperti penelitian sebelumnya, faktor yang satu dengan yang lain memiliki keterkaitan seperti dalam hal pengadaan material. Apabila pengadaan material dalam suatu proyek konstruksi terlambat didatangkan, tentu pekerjaan yang berkaitan dengan bahan tersebut juga tidak bisa dikerjakan sehingga berpotensi mundur dari rencana kerja dan menambah biaya upah tenaga. Dan sebaliknya dampak dari keterlambatan pengadaan material itu juga berpengaruh setelah material tersebut tiba di lokasi proyek. Untuk mempercepat jadwal pelaksanaan yang sudah mundur, kontraktor perlu menambah tenaga kerja dalam pekerjaan yang terkait bahan material tersebut agar waktu pelaksanaan tidak semakin mundur. Untuk faktor perubahan jadwal proyek, terutama perpanjangan waktu, disebabkan oleh keterbatasan anggaran atau tantangan desain yang dapat menyebabkan kenaikan tak terduga dalam efek biaya inflasi. Pemilik harus berpikir dalam hal nilai waktu dari uang dan mengakui bahwa ada dua komponen untuk masalah ini: (1) tingkat inflasi dan (2) waktu pengeluaran. Selanjutnya faktor kerumitan konstruksi yang disebabkan oleh lokasi proyek atau tujuan dapat membuat desain kerja awal sangat menantang dan menyebabkan masalah koordinasi internal dan kesalahan komponen proyek. Jika masalah ini tidak ditangani dengan tepat, kenaikan biaya mungkin terjadi (*Key facts about cost, scope, schedule, and management*, 2003 dan Callahan, 1998). Kemudian faktor perubahan ruang lingkup pekerjaan. Perubahan tersebut dapat mencakup modifikasi dalam batas proyek konstruksi, perubahan dalam desain dan / atau dimensi item proyek utama seperti penyesuaian dalam jenis, ukuran, atau lokasi komponen proyek, serta kenaikan lain dalam unsur proyek (Chang, 2002).

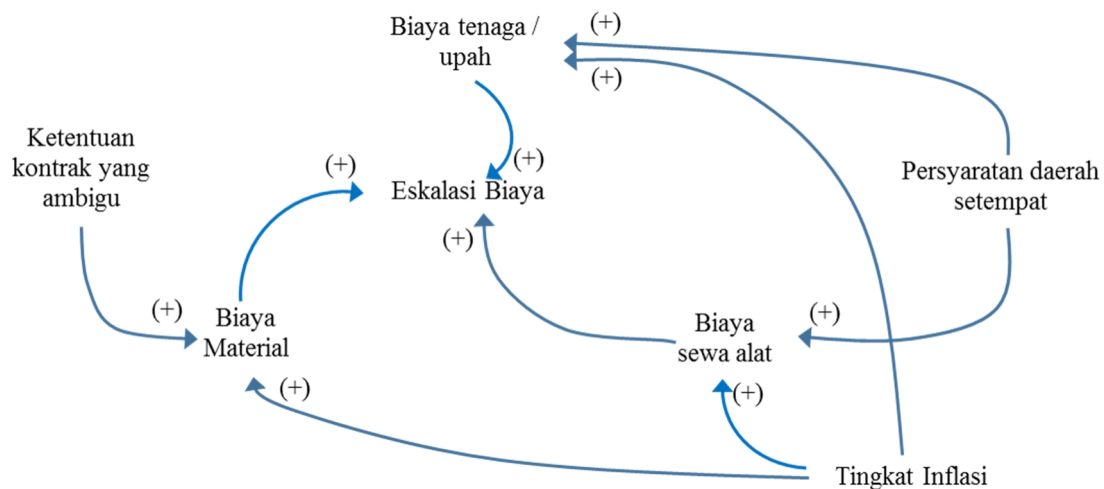


Gambar 2.5 Hubungan antar Variabel Penyebab Eskalasi Biaya (Shane. J.S *et al*, 2009)

Kesalahan pelaksanaan/eksekusi oleh *owner* dalam mengelola proyek adalah salah satu faktor yang dapat menyebabkan pembengkakan biaya proyek. Faktor ini dapat mencakup ketidakmampuan wakil pemilik untuk membuat keputusan yang tepat waktu atau tindakan dan untuk memberikan informasi yang berkaitan dengan proyek sehingga dampak yang diberikan adalah kemunduran waktu pelaksanaan proyek dan sangat dimungkinkan penambahan biaya. Kemudian faktor ketentuan kontrak yang ambigu dapat melemahkan tanggung jawab dan menyebabkan kesalahpahaman antara pemilik dan desain proyek dan kontraktor konstruksi. Penyediaan informasi yang terlalu sedikit dalam dokumen proyek dapat mengakibatkan pembengkakan biaya selama pelaksanaan proyek (Chang, 2002).

Selanjutnya faktor persyaratan lokal/daerah setempat yang dapat mempengaruhi biaya proyek selama tahap eksekusi. Mirip dengan efek selama tahap perencanaan dan desain, tindakan mitigasi yang diberlakukan oleh pemerintah, lingkungan lokal, dan bisnis serta kelompok lingkungan lokal dan nasional selama pembangunan proyek dapat memperpanjang durasi proyek yang mempengaruhi tunjangan inflasi atau menambah biaya langsung (khususnya beban tenaga kerja dan peralatan konstruksi). Dengan tidak mengantisipasi perubahan ini, *owner* dapat terganggu oleh biaya proyek yang meningkat (Callahan, 1998; Chang, 2002). Faktor berikutnya yaitu pengaruh inflasi, yang merupakan faktor kunci dalam biaya proyek konstruksi. Nilai waktu dari uang dapat mempengaruhi proyek ketika (1) estimasi

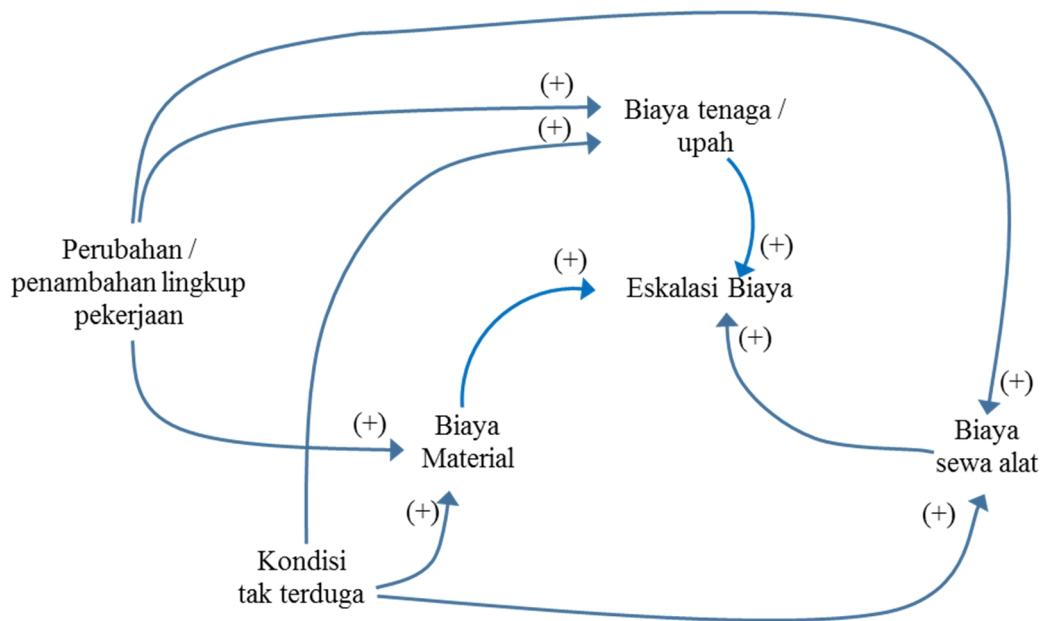
proyek tidak dikomunikasikan dalam satu tahun biaya konstruksi, (2) penyelesaian proyek tertunda dan karenanya biaya dikenakan inflasi selama durasi yang lebih lama daripada yang diantisipasi, dan / atau (3) tingkat inflasi lebih besar daripada yang diantisipasi di estimasi. Dalam kasus proyek dengan pengembangan dan pembangunan jadwal pendek, pengaruh inflasi biasanya ringan; Namun proyek memiliki pengembangan dan pembangunan jangka waktu yang lama dapat menemukan efek inflasi yang tak terduga.



Gambar 2.6 Hubungan antar Variabel Penyebab Eskalasi Biaya (Shane. J.S *et al*, 2009)

Faktor selanjutnya yaitu perubahan/penambahan lingkup pekerjaan. Perubahan selama masa pelaksanaan proyek sering terjadi karena adanya keinginan dari pemilik yang timbul selama pelaksanaan proyek konstruksi, hal ini disebabkan antara lain karena adanya perubahan lingkup kerja, perubahan spesifikasi, perubahan jenis material, perubahan perencanaan arsitektural, perubahan metode kerja, dan percepatan pelaksanaan pekerjaan. Pengaruh perubahan / penambahan lingkup pekerjaan pada suatu proyek konstruksi sering terjadi *productivitas loss*, jika terjadi *productivitas loss* akan terjadi penambahan waktu dan biaya proyek yang tidak sedikit. Jika terjadi perubahan / penambahan lingkup pekerjaan akan terjadi penambahan tenaga kerja disertai dengan penambahan peralatan proyek (Sapulette, 2009). Selanjutnya untuk faktor kondisi tak terduga, dikenal sering menyebabkan pembengkakan biaya. Kondisi tanah yang tidak diketahui dapat mempengaruhi dasar penggalian, pemadatan, dan struktur pondasinya. Tanah yang terkontaminasi dapat terjadi di lokasi proyek.

Spesifikasi sering ditemukan belum dijelaskan atau digambarkan secara jelas pada gambar kerja. Ada banyak masalah yang belum diketahui selama tahap perencanaan dan desain dan yang dapat meningkatkan biaya proyek ketika mereka menjadi jelas selama masa konstruksi (Akinci and Fischer 1998; Callahan 1998; Semple *et al.*, 1994).



Gambar 2.7 Hubungan antar Variabel Penyebab Eskalasi Biaya (Shane. J.S *et al.*, 2009)

Penelitian yang dilakukan oleh Vamsidhar *et al.*, (2014). Penelitian yang dilakukan oleh peneliti di atas membahas tentang peningkatan pesat dalam harga bahan bangunan, tenaga kerja, dan biaya peralatan yang disajikan dalam bentuk grafik dan tabel dalam kurun waktu enam tahun terakhir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase kenaikan biaya konstruksi seperti bahan bangunan, buruh dan peralatan selama enam tahun terakhir dari tahun 2008 ke tahun 2013 dan untuk mengetahui berbagai parameter yang mempengaruhi peningkatan biaya konstruksi di kota Chennai, India. Terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab kenaikan biaya konstruksi, diantaranya; peningkatan biaya bahan bakar, transportasi, listrik, suku bunga kredit untuk berbagai sektor skala kecil industri, pemadaman listrik, dan pajak pertambahan nilai dan pajak layanan biaya keseluruhan. Hasil penelitian yang diperoleh adalah parameter utama yang mempengaruhi eskalasi biaya dalam industri konstruksi yaitu baja, semen, agregat, batu bata, bahan komposit, peralatan, dan biaya

tenaga kerja; dan biaya tenaga kerja memainkan peran utama dalam biaya eskalasi yang telah meningkat sebesar 120%, sedangkan biaya peralatan telah meningkat sebesar 73% selama enam tahun terakhir. Sehingga penggunaan peralatan di industri konstruksi dapat dimaksimalkan untuk mengurangi kenaikan biaya konstruksi.

Penelitian yang dilakukan oleh Kumalasari dan Hapsari, (2005). Penelitian yang dilakukan ini berjudul Eskalasi Harga Kontrak Konstruksi menggunakan *Leading Economic Indicator* Studi Kasus Proyek Jalan Layang dan Jembatan Pasteur-Cikapayang-Surapati, Tugas Akhir Teknik Sipil ITB, 2005. Penelitian ini melakukan percobaan perhitungan eskalasi menggunakan *leading economic indicators* sebagai alternatif perhitungan eskalasi karena memiliki kelebihan penggunaanya yang lebih sederhana dibandingkan perhitungan sesuai Keppres No.18 Tahun 2000. Perhitungan eskalasi harga menggunakan *leading economic indicators* dibandingkan dengan hasil perhitungan eskalasi menggunakan formula Keppres, dihasilkan eskalasi harga dengan formula Keppres menghasilkan harga proyek yang lebih besar daripada metode *leading economic indicators*. Namun, rendahnya korelasi antara indeks komposit *leading economic indicators* dengan indeks harga konstruksi menunjukkan bahwa tidak seluruh variabel terpilih memiliki keterkaitan dengan harga konstruksi.

Penelitian yang dilakukan oleh Touran dan Lopez, (2006). Penelitian yang dilakukan peneliti di atas menjelaskan sebuah model komputer yang dirancang untuk menggabungkan efek kenaikan biaya pada proyek-proyek konstruksi besar. Model komputer dirancang khusus untuk bekerja dengan program konstruksi besar yang terdiri dari beberapa proyek yang mencakup lebih dari periode beberapa tahun. Dengan mengetahui hubungan yang diprioritaskan antara proyek dan pemodelan efek eskalasi secara probabilistik, sebuah distribusi dihitung untuk total biayanya. Model komputer yang dikembangkan sebagai bagian dari penelitian ini adalah mampu memodelkan tarif eskalasi sebagai variabel acak dari distribusi normal dengan asumsi tarif eskalasi berkorelasi pada periode berikutnya. Dengan mensimulasikan model, pengguna dapat memperoleh distribusi untuk durasi program pembangunan total dan biayanya. Dan dengan menggunakan distribusi ini, manajemen akan dapat menilai sejauh mana kemungkinan kelebihan biaya karena biaya eskalasi atau kecukupan anggaran yang diusulkan. Adapun pada penelitian ini disebutkan berbagai faktor yang menyebabkan

eskalasi biaya seperti inflasi, kondisi pasar, klausul alokasi risiko dalam kontrak, tingkat suku bunga, dan pajak.

Penelitian yang dilakukan oleh Fatoni dan Hanif, (2013). Penelitian yang dilakukan mengkaji tentang eskalasi biaya pada proyek infrastruktur tahun jamak dengan studi kasus Proyek Pembangunan Waduk Jatigede dan Proyek Pembangunan Waduk Jatibarang dengan tata cara perhitungan sesuai Perpres Nomor 70 Tahun 2012 pasal 92 ayat 3. Maksud penelitian adalah menganalisa nilai penyesuaian harga item pekerjaan pada Proyek Pembangunan Waduk Jatigede dan Proyek Pembangunan Waduk Jatibarang. Penelitian ini menyimulasikan penyesuaian harga pada kedua proyek dengan volume pekerjaan bulan Maret 2011 dan April 2011. Hasil penelitian yang didapat adalah berupa nilai penyesuaian harga Proyek Pembangunan Waduk Jatigede dan Proyek Pembangunan Waduk Jatibarang pada Maret 2011 dan April 2011.

Adapun tata cara perhitungan sesuai Perpres Nomor 70 Tahun 2012 pasal 92 ayat 3 sebagai berikut;

$$H_n = H_o \left( a + b \frac{B_n}{B_o} + c \frac{C_n}{C_o} + d \frac{D_n}{D_o} + \dots \right), \quad (2.3)$$

dimana.

- $H_n$  = Harga satuan barang/jasa (item pekerjaan) pada saat pekerjaan dilaksanakan
- $H_o$  = Harga satuan barang/jasa item pekerjaan) pada saat harga penawaran
- $a$  = Koefisien tetap yang terdiri atas keuntungan dan *overhead*.  
Dalam hal penawaran yang tidak mencantumkan besaran komponen keuntungan dan overhead, maka  $a = 0,15$
- $b, c, d$  = Koefisien komponen kontrak seperti tenaga kerja, bahan material, alat kerja dsb.  
Penjumlahan  $a+b+c+d+\dots = 1,00$
- $B_n, C_n, D_n$  = Indeks harga komponen pada saat pekerjaan dilaksanakan
- $B_o, C_o, D_o$  = Indeks harga komponen pada bulan ke-12 setelah penandatanganan kontrak



Dengan adanya penyesuaian harga satuan barang/jasa (item pekerjaan) maka akan menimbulkan perubahan nilai kontrak yang telah ditetapkan oleh Perpres Nomor 70 Tahun 2012 sebagai berikut:

$$P_n = (H_{n1} \times V_1) + (H_{n2} \times V_2) + \dots \quad (2.4)$$

dimana:

$P_n$  = Nilai kontrak setelah dilakukan penyesuaian harga satuan /jasa

$H_n$  = Harga satuan baru setiap jenis komponen pekerjaan setelah penyesuaian harga

$V$  = Volume setiap jenis komponen pekerjaan yang dilaksanakan

Dari persamaan 2.3 dan 2.4 yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dihitung besarnya perubahan nilai kontrak akibat adanya penyesuaian harga barang/jasa. Berikut (persamaan 2.5) adalah rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya perubahan nilai kontrak.

$$P_e = P_n - P_o \quad (2.5)$$

dimana:

$P_e$  = Nilai penyesuaian harga

$P_o$  = Nilai kontrak awal saat penawaran  
 $= (H_{o1} \times V_1) + (H_{o2} \times V_2) + \dots \text{ dst}$

$P_n$  = Nilai kontrak setelah penyesuaian harga  
 $= (H_{n1} \times V_1) + (H_{n2} \times V_2) + \dots \text{ dst}$

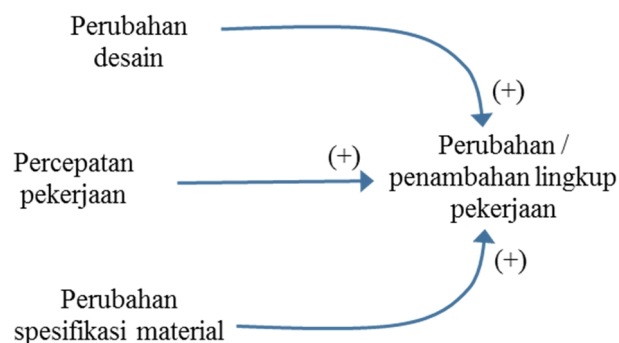
$H_o$  = Harga satuan kontrak

$H_n$  = Harga satuan baru setelah penyesuaian harga

$V_i$  = Volume pekerjaan yang dilaksanakan

Penelitian yang dilakukan oleh Pourrostan, T., *et al* (2011) dengan judul *Identification and Evaluation of Causes and Effects of Change Orders in Building Construction Projects* meneliti tentang faktor-faktor penyebab dan dampak yang disebabkan oleh perubahan lingkup pekerjaan pada proyek pembangunan Islamic Azad University (IAU) di Iran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan

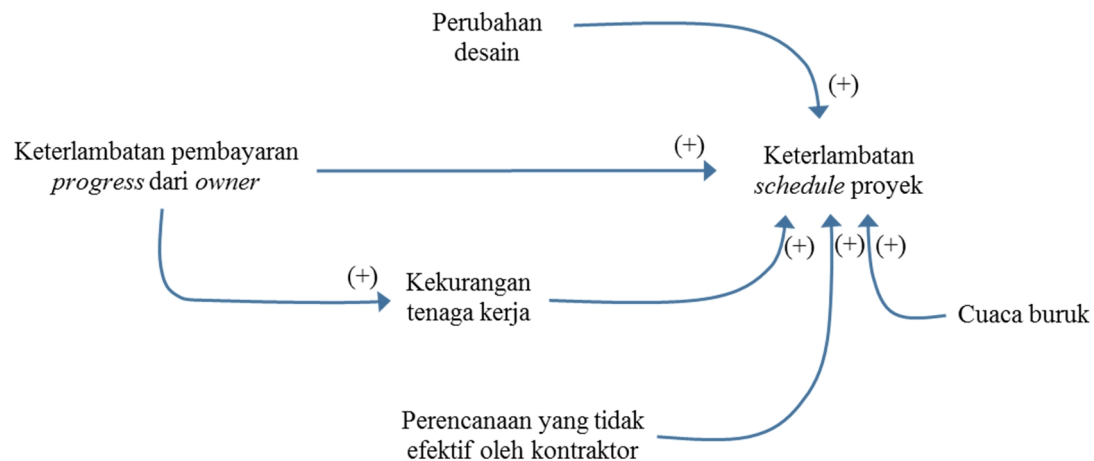
penyebaran kuesioner kepada pemilik proyek, konsultan pengawas, dan kontraktor pelaksana. Selain penyebaran kuesioner, peneliti juga melakukan studi literatur terkait dengan penelitian yang dilakukan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan ruang lingkup pekerjaan adalah percepatan pekerjaan, perubahan desain, dan perubahan spesifikasi material. Adapun dampak yang dihasilkan dari terjadinya perubahan ruang lingkup pekerjaan ini yaitu terjadinya perselisihan antara pemilik proyek dengan kontraktor dan meningkatnya biaya pelaksanaan proyek. Selain itu, pada jurnal yang ditulis oleh Nurmala dan Hardjomuljadi, (2015) dengan judul *Penyebab dan Dampak Variation Order (VO) pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi* juga dijelaskan bahwa perubahan desain, perubahan spesifikasi material, dan percepatan pekerjaan merupakan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan ruang lingkup pekerjaan.



Gambar 2.8 Hubungan antar Variabel Penyebab Perubahan Lingkup Pekerjaan

Penelitian yang dilakukan oleh Assaf dan Al-Hejji, (2006) dengan judul *Causes of Delay in Large Construction Projects* meneliti tentang faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan *schedule* dalam proyek konstruksi. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dan penyebaran kuesioner kepada 15 pemilik proyek, 19 konsultan, dan 23 kontraktor pelaksana. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan *schedule* proyek adalah keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, perubahan desain, perencanaan yang tidak efektif dari kontraktor, kekurangan tenaga kerja, dan cuaca buruk. Dalam hal ini kekurangan tenaga kerja merupakan dampak dari keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*. Adapun pada jurnal yang ditulis oleh El-Razek *et al.*, (2008) dengan judul *Causes of Delay in Building Construction Projects in Egypt* juga menjelaskan bahwa

keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner* dan perubahan desain merupakan faktor yang menyebabkan keterlambatan *schedule* dalam proyek konstruksi. Selain itu, pada jurnal milik Perez *et al.*, (2015) dengan judul *Climate and Construction Delays: case study in Chile* menjelaskan bahwa cuaca buruk dapat mempengaruhi keterlambatan *schedule* dalam proyek konstruksi.



Gambar 2.9 Hubungan antar Variabel Penyebab Keterlambatan *Schedule* Proyek

Dari *review* jurnal yang sudah dipaparkan, berikut penulis melakukan rekapitulasi faktor-faktor yang dapat menyebabkan kenaikan eskalasi biaya sesuai dengan area dan kondisi dalam penelitian. Adapun faktor-faktor yang menyebabkan kenaikan eskalasi biaya berdasarkan penelitian terdahulu ditampilkan pada Tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2.1 Sintesa Faktor-Faktor yang Menyebabkan Kenaikan Eskalasi Biaya dari Penelitian Terdahulu

No.	Penulis (Sumber Referensi)	Project	Faktor Penyebab
1.	Peter Morris dan William F. Willson (2006)	Measuring and Managing Cost Escalation	Bencana alam besar, kenaikan biaya bahan, gangguan harga pasar, tingginya volume pekerjaan konstruksi, dan regulasi pemerintah.
2.	Chabota Kaliba, Mundia	Cost Escalation and	Cuaca buruk karena hujan lebat dan

No.	Penulis (Sumber Referensi)	Project	Faktor Penyebab
	Muya, dan Kanyuka Mumba (2008)	Schedule Delays In Road Construction Projects In Zambia	banjir, perubahan ruang lingkup, perlindungan lingkungan dan biaya mitigasi, keterlambatan jadwal pekerjaan, pemogokan, tantangan teknis, inflasi dan tekanan pemerintah daerah
3.	S. Shane, A., Keith R. Molenaar, Stuart Anderson, and Cliff Schexnayder (2009)	Construction Project Cost Escalation Factors	<p>Faktor Internal yaitu terlalu optimis, pengadaan material, perubahan schedule proyek, kerumitan konstruksi, perubahan lingkup pekerjaan, penambahan lingkup pekerjaan, kesalahan estimasi, pemakaian yang tidak konsisten dalam kontingensi, kesalahan pelaksanaan, ketentuan kontrak yang ambigu, dan konflik dalam dokumen kontrak.</p> <p>Faktor eksternal yaitu kepentingan dan persyaratan daerah setempat, efek inflasi, perubahan lingkup pekerjaan, penambahan lingkup pekerjaan, kondisi pasar, peristiwa tidak terduga, dan kondisi tidak terduga.</p>
4.	K. Vamsidhar, D. A. Eshwarwaroop, K. Ayyappapreamkrishna, dan R. Gopinath (2014)	Study and Rate Analysis of Escalation in Construction industry	Peningkatan biaya bahan bakar, transportasi, listrik, suku bunga kredit untuk berbagai sektor skala kecil industri, pemadaman listrik, dan pajak pertambahan nilai dan pajak layanan biaya keseluruhan.

No.	Penulis (Sumber Referensi)	Project	Faktor Penyebab
5.	Ali Touran dan Ramon Lopez (2006)	Modeling Cost Escalation in Large Infrastructure Projects	Inflasi, kondisi pasar, klausul alokasi risiko dalam kontrak, tingkat suku bunga, dan pajak.

Untuk menanggulangi kenaikan eskalasi biaya proyek, diperlukan pencarian literatur mengenai faktor-faktor yang dapat menekan kenaikan eskalasi biaya tersebut. Berikut bagian kedua dipaparkan beberapa studi literatur yang membahas tentang upaya-upaya untuk menurunkan eskalasi biaya.

Penelitian yang dilakukan oleh Bruni *et al.*, (2011) yang berjudul *A Scheduling Methodology for Dealing with Uncertainty in Construction Projects*. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan penjadwalan di bawah ketidakpastian dalam proyek-proyek konstruksi. Dalam penelitian ini dijelaskan bahwa pendetailan *schedule* proyek dan mitigasi risiko dapat meminimalkan keterlambatan *sschedule* proyek. Pendetailan *schedule* proyek dapat membantu manager proyek dalam memonitor *progress* pekerjaan, memfasilitasi alokasi sumber daya, dan menyediakan dasar untuk mengelola kegiatan eksternal. Mitigasi risiko dapat memberikan prediksi awal terhadap kesalahan penjadwalan pelaksanaan proyek.

Penelitian yang dilakukan oleh Chan *et al.*, (2010) yang berjudul *Identifying The Critical Success Factors for Target Cost Contracts in The Construction Industry*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsep dari perencanaan biaya secara umum. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan penyebaran kuesioner kepada pemilik proyek, konsultan, dan kontraktor pelaksana. Dalam jurnal ini dijelaskan bahwa keterlibatan awal kontraktor dalam pengembangan desain dapat meminimalkan terjadinya perubahan desain di kemudian hari. Dengan meminimalkan adanya perubahan desain dapat dipastikan mampu menekan terjadinya eskalasi biaya proyek.

Penelitian yang dilakukan oleh Mentis, M., (2015) yang berjudul *Managing Project Risks and Uncertainties*. Hasil dari penelitian ini didapatkan dari berbagai macam studi literatur. Penelitian ini mengkaji tentang bagaimana mengelola suatu

risiko dan ketidakpastian atau kondisi tidak terduga di dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Dalam jurnal ini, keterlibatan pakar dalam proyek konstruksi dapat membantu pengawasan dan memberikan kontribusi wawasan teknis.

Dari studi literatur yang sudah dibahas, untuk membantu mengantisipasi kenaikan eskalasi biaya proyek maka diperoleh sintesa faktor-faktor yang dapat menekan kenaikan eskalasi biaya sesuai dengan area dan kondisi dalam penelitian ditampilkan pada Tabel 2.2 di bawah ini :

Tabel 2.2 Sintesa Faktor-Faktor yang Meminimalisir Eskalasi Biaya dari Penelitian Terdahulu

No.	Penulis (Sumber Referensi)	Project	Faktor Pengaruh
1.	Maria Elena Bruni, Patrizia Beraldi, Francesca Guerriero and Erika Pinto (2011)	A Scheduling Methodology for Dealing with Uncertainty in Construction Projects	Pendetailan <i>schedule</i> proyek dan mitigasi risiko
2.	Daniel W.M. Chan, Albert P.C. Chan and Patrick T.I. Lam (2010)	Identifying The Critical Success Factors for Target Cost Contracts in The Construction Industry	Keterlibatan awal kontraktor dalam pengembangan desain
3.	Mike Mentis (2015)	Managing Project Risks and Uncertainties	Keterlibatan pakar / <i>expert</i>

### 2.3.2. Penelitian yang Terkait dengan Aplikasi Metode Sistem Dinamik

Penggunaan metode Sistem Dinamik sudah cukup banyak diimplementasikan di beberapa penelitian sebelumnya untuk menyelesaikan kasus-kasus dalam proyek konstruksi. Pada bagian ini akan dijelaskan beberapa kepustakaan penelitian yang mengimplementasikan metode Sistem Dinamik dengan berbagai pengembangannya.

Penelitian yang dilakukan oleh Wan, J. dan Liu, Y. (2014). Penelitian yang dilakukan peneliti di atas membahas tentang sebuah pendekatan untuk mengembangkan model sistem dinamik untuk analisis risiko selama proses konstruksi

proyek. Penelitian ini memberikan penjelasan singkat dari faktor risiko proyek konstruksi dan sistem dinamik. Model sistem dinamik dapat menunjukkan bahwa interaksi antara variabel risiko menggunakan umpan balik / *feedback loop*, mensimulasikan pola perkembangan berdasarkan informasi dari status proyek, dan menganalisis pentingnya berbagai risiko proyek secara kuantitatif. Risiko serta diagram hubungan kausal antara mereka ditetapkan untuk menggambarkan interaksi risiko proyek konstruksi dengan model sistem dinamik.

Penelitian yang dilakukan oleh Jifeng *et al.*, (2008). Penelitian yang dilakukan membahas tentang sistem transportasi perkotaan yang merupakan suatu sistem kompleks dengan beberapa variabel dan umpan balik / *feedback loop* nonlinear dan dipengaruhi oleh transportasi, sosial, ekonomi, dan faktor lingkungan. Peneliti menyajikan pendekatan sistem dinamik berdasarkan analisis dan umpan balik struktur sebab-akibat. Model sistem dinamik yang diusulkan terdiri dari tujuh submodels: penduduk, pembangunan ekonomi, jumlah kendaraan, pengaruh lingkungan, permintaan perjalanan, pasokan transportasi, dan kemacetan lalu lintas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahwa kota Dalian, China harus membatasi jumlah kendaraan untuk meningkatkan kesinambungan sistem transportasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Nasirzadeh *et al.*, (2008), membahas perihai keberadaan risiko dan ketidakpastian yang melekat dalam pengembangan dan implementasi proyek yang memainkan peran penting dalam kinerja proyek yang buruk. Dengan demikian, ada kebutuhan yang cukup besar untuk memiliki pendekatan analisis risiko yang efektif untuk menilai dampak dari berbagai risiko yang berbeda pada tujuan proyek. Pendekatan analisis risiko yang kuat dapat mempertimbangkan sifat dinamis dari risiko sepanjang siklus hidup proyek, serta menjelaskan atas umpan balik / *feedback loop* yang mempengaruhi dampak risiko secara keseluruhan. Penelitian ini menyajikan pendekatan baru untuk analisis risiko konstruksi di mana ini pengaruh utama dianggap dan dihitung secara eksplisit. Metodologi yang diusulkan adalah pendekatan berbasis sistem dinamik di mana risiko yang berbeda mungkin secara efisien dimodelkan, disimulasikan, dan diukur dari segi waktu, biaya, dan kualitas dengan menggunakan objek yang berorientasi simulasi metodologi. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu pendekatan analisis risiko dengan sistem dinamik yang

diusulkan merupakan alat yang bermanfaat, dimana dampak dari berbagai risiko pada setiap kriteria kinerja proyek termasuk waktu, biaya dan kualitas dapat diukur secara efisien.

Penelitian yang dilakukan oleh De Marco dan Rafele, (2006). Dalam penelitian ini sistem dinamik dipandang sebagai suatu alat yang berguna untuk menangkap perilaku proyek yang kompleks dalam sudut pandang menyeluruh. Jika dirancang pada perencanaan dan langkah dasar desain, model proyek dapat membantu tim manajemen untuk mensimulasikan biaya dan waktu kinerja dan mengambil tindakan yang korektif. Pendekatan sistem dinamik memandang proyek sebagai proses umpan balik yang berisi berbagai variabel yang saling terkait. Pendekatan pemodelan sistem dinamik juga merupakan suatu nilai praktis untuk pemilik / *owner* dan kontraktor karena menjamin kedua tim manajemen sebagai alat bantu untuk lebih menentukan kontrak awal dan ruang lingkup, dan karena itu membuat mereka sadar tentang risiko yang mereka akan hadapi selama pelaksanaan proyek, sehingga menciptakan rasa saling keterlibatan yang erat.

Penelitian yang dilakukan oleh Nurakumala, (2014). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor utama yang mempengaruhi produktifitas pada proyek konstruksi. Pada penelitian ini faktor yang mempengaruhi produktifitas di dapat dari literatur sedangkan, penentuan faktor utama yang mempengaruhi dilakukan dengan pemodelan sistem dinamik. Pemodelan sistem dinamik ini dilakukan dengan membuat hubungan yang dinamis antara faktor-faktor yang mempengaruhi produktifitas. Hasil dari pemodelan sistem dinamik, faktor yang mempengaruhi produktifitas adalah motivasi, lingkungan kerja, dan komunikasi dan koordinasi, dan faktor yang mendominasi adalah faktor lingkungan kerja.

Penelitian yang dilakukan Love, P. E. D., *et al* (2002). Penelitian ini membahas tentang perubahan dan pekerjaan ulang (*rework*) dalam proyek konstruksi yang dimana hal tersebut tidak direncanakan dan (biasanya) mengganggu perkembangan suatu pekerjaan. Penelitian ini juga menjelaskan bagaimana perubahan dapat berdampak pada sistem manajemen proyek. Dengan menggunakan studi kasus dan metodologi sistem dinamik, faktor utama yang mempengaruhi kinerja proyek diamati. Hasil penelitian ini menganggap bahwa sistem manajemen proyek konstruksi sebagai suatu



sistem dinamik dan peneliti juga menyoroti pentingnya mengembangkan kemampuan dengan baik dalam mengidentifikasi dinamika proyek dan pentingnya mengembangkan kemampuan untuk segera menanggapi perubahan dalam sistem manajemen proyek konstruksi.

Dari review jurnal yang terkait dengan metode penelitian di atas, untuk memudahkan penulis akan ditampilkan pada Tabel 2.3 sintesa aplikasi metode sistem dinamik di bawah ini.

Tabel 2.3 Sintesa Aplikasi Metode Sistem Dinamik dari Penelitian Terdahulu

No.	Penulis (Sumber Referensi)	Project	Metode Penelitian
1.	Jiangping Wan dan Yaqiong Liu (2014)	A System Dynamics Model for Risk Analysis during Project Construction Process	Sistem Dinamik
2.	Wang Jifeng, Lu Huapul, dan Peng Hu (2008)	System Dynamics Model of Urban Transportation System and Its Application	Sistem Dinamik
3.	Farnad Nasirzadeh, Abbas Afshar, Mostafa Khanzadi (2008)	System Dynamics Approach for Construction Risk Analysis	Sistem Dinamik
4.	A. De Marco dan C. Rafele (2006)	Using System Dynamics to Understand Project Performance	Sistem Dinamik
5.	Arya Nurakumala (2014)	Penentuan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktifitas Pada Proyek Konstruksi Dengan Sistem Dinamik	Sistem Dinamik
6.	P.E.D. Love, G.D. Holt, L.Y. Shen, H. Li, Z. Irani (2002)	Using Systems Dynamics To Better Understand Change And Rework In Construction Project Management Systems	Sistem Dinamik

## 2.4. Posisi Penelitian

Tujuan dari review jurnal dan tinjauan pustaka dan terhadap penelitian terdahulu agar dapat mengetahui posisi penelitian saat ini. Pada penelitian ini yang dijadikan rujukan adalah faktor-faktor risiko penyebab eskalasi biaya / penyesuaian harga, lingkup penelitian, dan metodologi yang digunakan. Adapun lingkup penelitian dan metodologi yang digunakan pada penelitian terdahulu seperti yang terlihat pada Tabel 2.4 di bawah ini :

Tabel 2.4 Lingkup dan Metode yang Digunakan pada Penelitian Terdahulu

No.	Lingkup Penelitian	Metode yang digunakan	Penulis
1.	Measuring and Managing Cost Escalation	Faktor analisis	Peter Morris dan William F. Willson (2006)
2.	Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia	Menggunakan tinjauan literatur rinci, wawancara terstruktur dan survei kuesioner	Chabota Kaliba, Mundia Muya, dan Kanyuka Mumba (2008)
3.	Construction Project Cost Escalation Factors	Tinjauan Literatur	S. Shane, A., Keith R. Molenaar, Stuart Anderson, and Cliff Schexnayder (2009)
4.	Study and Rate Analysis of Escalation in Construction industry	Faktor Analisis	K. Vamsidhar, D. A. Eshwarswaroop, K. Ayyappapreamkrishna, dan R. Gopinath (2014)
5.	Eskalasi Harga Kontrak Konstruksi menggunakan <i>Leading Economic Indicator</i> Studi Kasus Proyek Jalan Layang dan	<i>Leading Economic Indicator</i>	Intan Kumalasari dan Marisa Hapsari (2005)

No.	Lingkup Penelitian	Metode yang digunakan	Penulis
	Jembatan Pasteur-Cikapayang-Surapati		
6.	Modeling Cost Escalation in Large Infrastructure Projects	Pemodelan / Simulasi	Ali Touran dan Ramon Lopez (2006)
7.	Analisa Eskalasi Biaya Pada Proyek Infrastruktur Tahun Jamak (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Waduk Jatigede Dan Proyek Pembangunan Waduk Jatibarang)	Tata cara perhitungan sesuai Perpres Nomor 70 Tahun 2012 pasal 92 ayat 3	Alif Fatoni dan Muhammad Hanif (2013)
8.	A System Dynamics Model for Risk Analysis during Project Construction Process	Sistem Dinamik	Jiangping Wan dan Yaqiong Liu (2014)
9.	System Dynamics Model of Urban Transportation System and Its Application	Sistem Dinamik	Wang Jifeng, Lu Huapul, dan Peng Hu (2008)
10.	System Dynamics Approach for Construction Risk Analysis	Sistem Dinamik	Farnad Nasirzadeh, Abbas Afshar, Mostafa Khanzadi (2008)
11.	Using System Dynamics to Understand Project Performance	Sistem Dinamik	A. De Marco dan C. Rafele (2006)

No.	Lingkup Penelitian	Metode yang digunakan	Penulis
12.	Penentuan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktifitas Pada Proyek Konstruksi Dengan Sistem Dinamik	Sistem Dinamik	Arya Nurakumala (2014)
13.	Using Systems Dynamics to Better Understand Change and Rework in Construction Project Management Systems	Sistem Dinamik	P.E.D. Love, G.D. Holt, L.Y. Shen, H. Li, Z. Irani (2002)

Berdasarkan tabel 2.4 di atas, yang membedakan dan memposisikan penelitian ini terhadap penelitian terdahulu diantaranya :

1. Menggunakan metode pemodelan dengan pendekatan sistem dinamik, berupa metodologi yang digunakan untuk mempelajari dan memahami bagaimana sistem berubah dari waktu ke waktu berdasarkan faktor-faktor penyebab terjadinya eskalasi biaya pada proyek konstruksi.
2. Objek penelitian dilakukan pada suatu proyek *multi years* yang sudah selesai, dimana model pendekatan sistem dinamik yang telah disusun, diaplikasikan pada proyek *multi years* tersebut agar didapat besaran biaya eskalasinya.

Dari perbedaan tersebut akan memberikan hasil yang berbeda dalam mencari besaran biaya eskalasi proyek *multi years*.

*halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

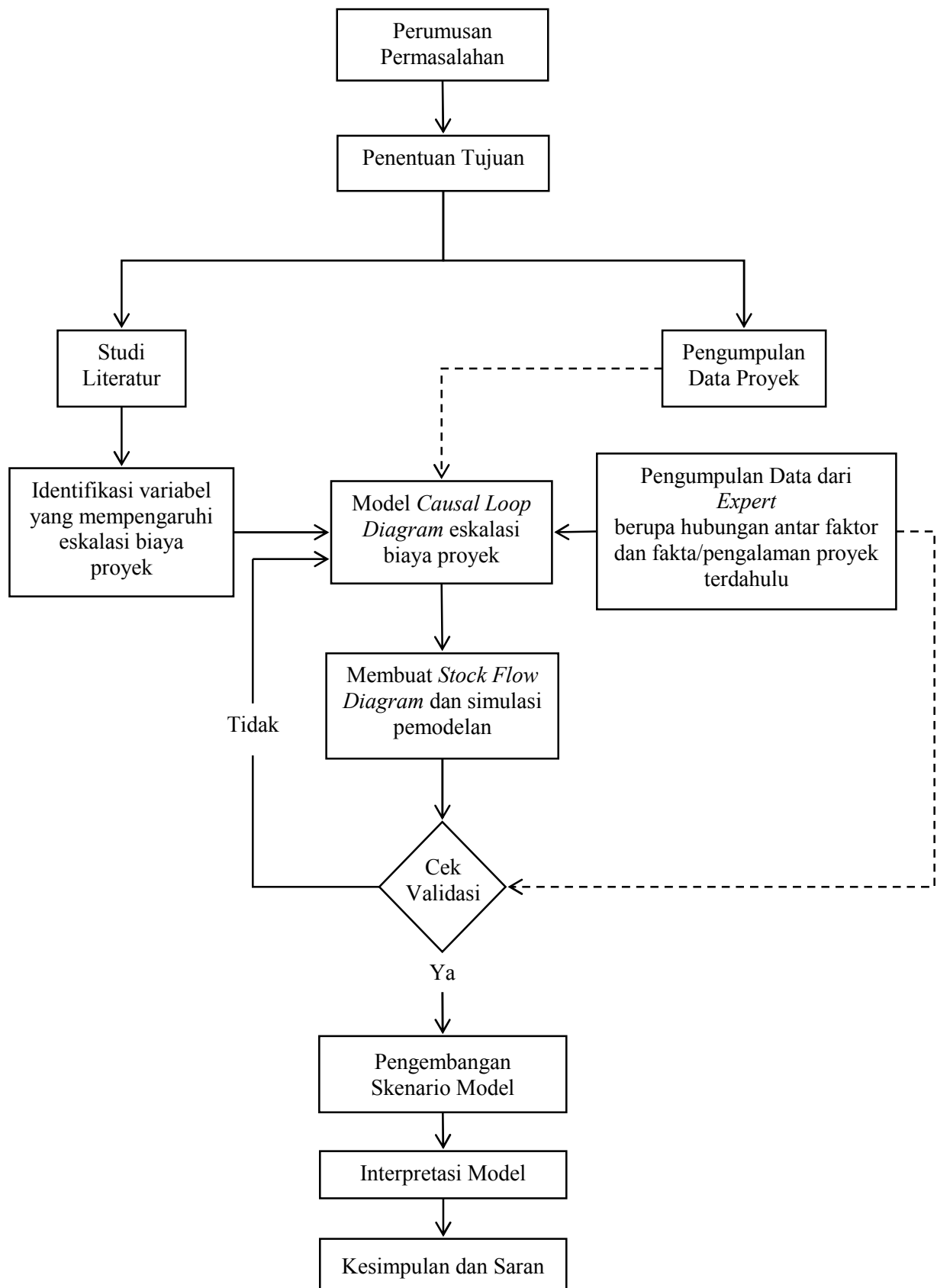
Metode penelitian adalah langkah dan prosedur yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan dan mendapatkan jawaban atas permasalahan dalam penelitian. Langkah dan prosedur ini merupakan perwujudan dari kerangka pikir penelitian.

#### **3.1. Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif yaitu jenis penelitian yang bertujuan untuk menemukan sesuatu yang baru, berupa penelitian yang ditujukan terhadap populasi tertentu yang dimaksudkan untuk eksplorasi mengenai bentuk suatu gagasan dengan jalan mendeskripsikan sejumlah variabel yang berkenaan dengan masalah yang diteliti, yang mana akan digali informasi lebih jauh mengenai variabel penelitian dengan menggunakan berbagai sumber yang dianggap relevan/penting. Penelitian ini juga melakukan pemodelan untuk dapat melihat pengaruh tiap variabel pada sistem nyata yang tujuannya untuk menemukan sesuatu berupa besaran biaya eskalasi. Penelitian ini mencoba menangkap fenomena ketidakpastian dalam pelaksanaan proyek konstruksi yang disebabkan oleh faktor durasi masa pelaksanaan proyek yang lebih dari satu tahun (dua belas bulan). Ketidakpastian tersebut menimbulkan risiko pada pelaksanaan proyek konstruksi yang berdampak kerugian biaya bagi kontraktor sebagai pelaksana proyek. Dengan diketahuinya besaran biaya eskalasi tersebut, kontraktor dapat melakukan tindakan untuk mengurangi potensi terjadinya risiko.

#### **3.2. Diagram Alir Penelitian**

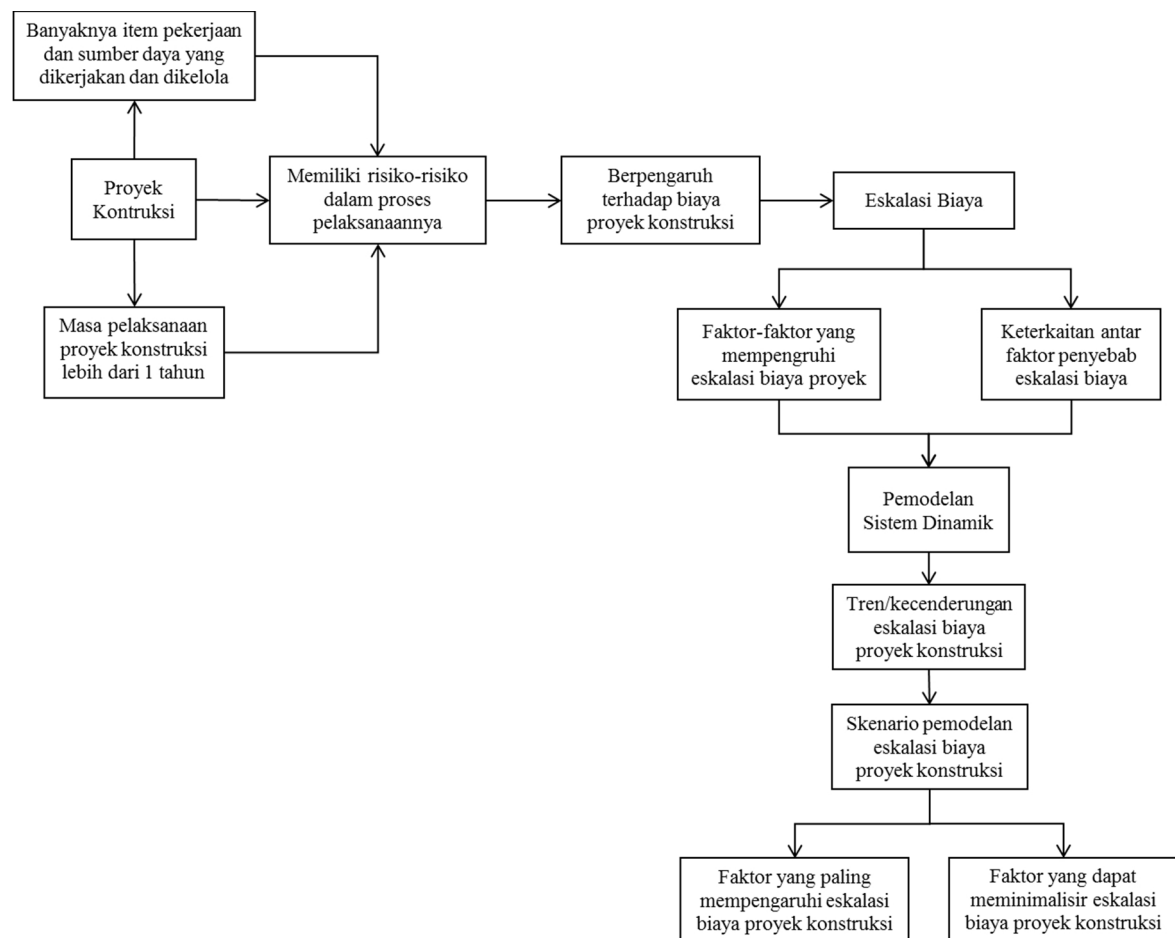
Untuk mencapai tujuan penelitian diperlukan perencanaan tahapan kegiatan yang akan dilakukan. Berikut adalah alur tahapan kegiatan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.3. Kerangka Berpikir Penelitian

Kerangka berpikir di sini membantu penulis dalam menggambarkan suatu gejala yang menjadi objek permasalahan dan gambaran dalam merumuskan hipotesis yang menjadi pondasi bagi setiap pemikiran atau suatu bentuk proses dari keseluruhan dari penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah kerangka berpikir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kerangka Berpikir Penelitian

### 3.4. Pengumpulan Data

#### 3.4.1. Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel digunakan untuk mempermudah dalam pengumpulan data, baik data sekunder maupun data primer pada objek penelitian ini yang akan dituangkan pada tabel 3.1 di bawah ini :



Tabel 3.1 Variabel dan Definisi Operasional Variabel yang Menyebabkan Eskalasi Biaya

No.	Variabel	Indikator	Definisi Operasional	Sumber
1.	Cuaca buruk	Intensitas curah hujan	Besarnya jumlah hujan yang turun yang dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan tiap satuan waktu.	Peter Morris dan William F. Willson (2006) dan Chabota Kaliba, Mundia Muya, dan Kanyuka Mumba (2008)
2.	Tingginya volume pekerjaan konstruksi	Ketersediaan material dan tenaga kerja konstruksi	Ketersediaan jumlah material dan tenaga kerja yang ada pada suatu lokasi proyek konstruksi.	Peter Morris dan William F. Willson (2006)
3.	Tingkat inflasi	Fluktuasi harga material	Perubahan naik atau turunnya harga material yang terjadi selama masa pelaksanaan proyek <i>multi years</i> .	Chabota Kaliba, Mundia Muya, dan Kanyuka Mumba (2008); S. Shane, A., Keith R. Molenaar, Stuart Anderson, dan Cliff Schexnayder (2009); dan Ali Touran dan Ramon Lopez (2006)
		Fluktuasi harga sewa alat	Perubahan naik atau turunnya harga sewa alat yang terjadi selama masa pelaksanaan proyek <i>multi years</i> .	
4.	Kondisi tidak terduga	Kondisi eksisting tanah	Perbedaan kondisi yang diharapkan pada saat tahap desain/perencanaan dengan kondisi saat dilaksanakan konstruksi.	S. Shane, A., Keith R. Molenaar, Stuart Anderson, dan Cliff Schexnayder (2009)
5.	Perubahan / penambahan lingkup pekerjaan	Perubahan desain	Pada tahap desain terdapat suatu kegiatan yang belum tercakup dalam perencanaan desain.	Chabota Kaliba, Mundia Muya, dan Kanyuka Mumba (2008); S. Shane, A., Keith R. Molenaar, Stuart Anderson, dan Cliff Schexnayder (2009); Towhid Pourroostam, Amiruddin Ismail, dan Mahmood Mansournejad (2011); dan Ade Nurmala dan Sarwono Hardjomuljadi (2015)

No.	Variabel	Indikator	Definisi Operasional	Sumber
		Perubahan spesifikasi material	Pada tahap desain terdapat suatu spesifikasi material yang tidak diproduksi lagi di pasaran dan keinginan pemilik proyek untuk merubah spesifikasi material.	Towhid Pourrostan, Amiruddin Ismail, dan Mahmood Mansournejad (2011); dan Ade Nurmala dan Sarwono Hardjomuljadi (2015)
		Percepatan pekerjaan	Diperlukannya penambahan jumlah dan jam kerja tenaga kerja dalam upaya penyelesaian proyek.	Towhid Pourrostan, Amiruddin Ismail, dan Mahmood Mansournejad (2011); dan Ade Nurmala dan Sarwono Hardjomuljadi (2015)
6.	Keterlambatan <i>schedule</i> proyek	Perubahan desain	Pada tahap desain terdapat suatu kegiatan yang belum tercakup dalam perencanaan desain.	Chabota Kaliba, Mundia Muya, dan Kanyuka Mumba (2008); S. Shane, A., Keith R. Molenaar, Stuart Anderson, dan Cliff Schexnayder (2009); Towhid Pourrostan, Amiruddin Ismail, dan Mahmood Mansournejad (2011); dan Ade Nurmala dan Sarwono Hardjomuljadi (2015)
		Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	Jumlah hari keterlambatan pembayaran yang tidak sesuai dengan perjanjian dalam kontrak.	Sadi A. Assaf dan Sadiq Al-Hejji (2006); dan M. E. Abd El-Razek, H. A. Bassioni, and A. M. Mobarak (2008)
		Perencanaan yang tidak efektif dari kontraktor	Seberapa paham kontraktor dalam menyusun penjadwalan proyek terutama dalam hal kontinuitas pekerjaan.	Sadi A. Assaf dan Sadiq Al-Hejji (2006)
		Kekurangan tenaga kerja	Ketersediaan jumlah tenaga kerja yang ada	Sadi A. Assaf dan Sadiq Al-Hejji (2006)

No.	Variabel	Indikator	Definisi Operasional	Sumber
			pada suatu lokasi proyek konstruksi yang merupakan akibat dari keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	
		Cuaca buruk	Besarnya jumlah hujan yang turun yang dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan tiap satuan waktu.	Peter Morris dan William F. Willson (2006); Chabota Kaliba, Mundia Muya, dan Kanyuka Mumba (2008); Sadi A. Assaf dan Sadiq Al-Hejji (2006); dan Perez, P. B., <i>et al</i> (2015)
7.	Ketentuan kontrak yang ambigu	Pemahaman isi dokumen kontrak	Seberapa paham kontraktor dalam memahami isi dokumen kontrak terutama dalam hal ini spesifikasi material dan metode pelaksanaan.	S. Shane, A., Keith R. Molenaar, Stuart Anderson, dan Cliff Schexnayder (2009) dan Ali Touran dan Ramon Lopez (2006)
8.	Persyaratan daerah setempat	Sosial budaya	Tingkat kebisingan, kebersihan lingkungan, norma yang berlaku di masyarakat, kepercayaan.	S. Shane, A., Keith R. Molenaar, Stuart Anderson, dan Cliff Schexnayder (2009)
9.	Biaya tenaga/upah	Cuaca buruk, tingginya volume pekerjaan konstruksi, tingkat inflasi, kondisi tak terduga, perubahan / penambahan lingkup pekerjaan, persyaratan daerah setempat	Pengaruh dari tiap indikator yang ada terhadap perubahan naik atau turunnya biaya tenaga / upah konstruksi	Peter Morris dan William F. Willson (2006) ; Chabota Kaliba, Mundia Muya, dan Kanyuka Mumba (2008); S. Shane, A., Keith R. Molenaar, Stuart Anderson, dan Cliff Schexnayder (2009); dan Ali Touran dan Ramon Lopez (2006)
10.	Biaya material	Cuaca buruk, tingginya volume pekerjaan	Pengaruh dari tiap indikator yang ada terhadap perubahan naik	Peter Morris dan William F. Willson (2006) ; Chabota

No.	Variabel	Indikator	Definisi Operasional	Sumber
		konstruksi, tingkat inflasi, kondisi tak terduga, perubahan / penambahan lingkup pekerjaan, keterlambatan <i>schedule</i> proyek, ketentuan kontrak yang ambigu	atau turunnya biaya material konstruksi	Kaliba, Mundia Muya, dan Kanyuka Mumba (2008); S. Shane, A., Keith R. Molenaar, Stuart Anderson, dan Cliff Schexnayder (2009); dan Ali Touran dan Ramon Lopez (2006)
11.	Biaya sewa alat	Tingkat inflasi, kondisi tak terduga, perubahan / penambahan lingkup pekerjaan, keterlambatan <i>schedule</i> proyek, persyaratan daerah setempat	Pengaruh dari tiap indikator yang ada terhadap perubahan naik atau turunnya biaya sewa alat konstruksi	Chabota Kaliba, Mundia Muya, dan Kanyuka Mumba (2008); S. Shane, A., Keith R. Molenaar, Stuart Anderson, dan Cliff Schexnayder (2009); dan Ali Touran dan Ramon Lopez (2006)

### 3.4.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang tidak langsung memberikan informasi kepada peneliti, misalnya penelitian harus melalui orang lain atau mencari melalui dokumen (Sugiyono, 2005). Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kejadian-kejadian apa saja yang pernah dialami proyek *multi years* terkait faktor-faktor dari studi literatur.

Berdasarkan dari tabel 3.1 di atas, data sekunder yang akan dikumpulkan dari proyek *multi years* dalam penelitian ini antara lain:

1. Fluktuasi harga material dan sewa alat terkait variabel tingkat inflasi yang terjadi di proyek konstruksi setiap tahun. Data yang diambil yaitu daftar harga material dan sewa alat yang dipakai kontraktor yang sudah disepakati dengan para *supplier*.
2. Data perubahan/penambahan lingkup pekerjaan yang terjadi, diambil dari daftar total perubahan pekerjaan yang sudah terkuantifikasi secara nilai dibandingkan dengan nilai kontrak awal.

3. Data ketentuan kontrak yang ambigu yang terjadi, diambil dari daftar item pekerjaan yang timbul akibat ketentuan kontrak yang ambigu tersebut dan sudah terkuantifikasi secara nilai dibandingkan dengan nilai kontrak awal.
4. Data kondisi tidak terduga yang terjadi, didapatkan dari daftar anggaran biaya yang sudah dikeluarkan selama masa konstruksi untuk hal-hal yang tidak terduga.
5. Data keterlambatan schedule proyek yang terjadi, didapatkan dari perbandingan antara selisih jumlah hari kerja kontrak awal dengan data perubahan (addendum kontrak).
6. Intensitas curah hujan terkait variabel cuaca buruk yang pernah terjadi di lokasi proyek. Data yang diambil yaitu monitoring cuaca yang dibuat oleh kontraktor setiap hari selama masa pelaksanaan proyek.
7. Ketersediaan jumlah material dan tenaga kerja yang ada pada suatu lokasi proyek konstruksi terkait variabel tingginya volume pekerjaan konstruksi, khususnya pada pertengahan tahun sampai akhir tahun. Data yang diambil yaitu data laporan harian kontraktor pada pertengahan tahun sampai dengan akhir tahun.
8. Data persyaratan daerah setempat yang terjadi, didapatkan dari daftar pengeluaran yang disebabkan oleh adanya persyaratan dari lingkungan sekitar proyek. Selain itu data ini juga termasuk besarnya nilai kehilangan prestasi pekerjaan akibat persyaratan daerah sekitar proyek.

### **3.4.3. Data Primer**

Data primer dalam penelitian kali ini diperoleh dengan cara melakukan observasi langsung dan wawancara. Wawancara yang dilaksanakan dengan narasumber yang berkompeten (pakar) / *expert* dalam hal proyek *multi years*. Kriteria pakar / *expert* dalam hal ini yaitu mereka yang menjabat *project manager* dalam suatu proyek lebih dari 10 tahun, pengalaman dalam menjalani proyek *multi years*, dan reputasi *project manager* dalam menjalani proyek *multi years* yang tidak pernah mengalami kerugian. Pengumpulan data primer yang diambil untuk penelitian ini melalui para pakar / *expert* berdasarkan definisi operasional variabel, terdiri dari :

1. Data identitas responden/proyek.
2. Data variabel penyebab eskalasi biaya yang telah divalidasi.

3. Data probabilitas pengaruh terjadinya perubahan spesifikasi material, percepatan pekerjaan, perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor, dan kekurangan tenaga kerja terhadap perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan dan keterlambatan *schedule* proyek.
4. Data bentuk interaksi/hubungan tiap variabel pada sistem.

Adapun pertanyaan yang akan diajukan kepada para pakar / *expert* untuk pengumpulan data primer berdasarkan definisi operasional variabel, akan dituangkan lebih rinci pada bagian Lampiran penelitian ini.

Data primer yang dikumpulkan berupa fakta dan persepsi / pendapat dari responden mengenai bobot yang dinyatakan dalam bentuk tingkat pengaruh dan bentuk interaksi dari parameter faktor penyebab eskalasi biaya dalam proyek konstruksi. Data ini akan cenderung subjektif dan sangat bergantung kepada keahlian dan pengalaman terdahulu dari responden. Meskipun demikian, pemilihan terhadap responden penelitian ini dilakukan sedemikian rupa sehingga diharapkan dapat merepresentasikan kontraktor pelaksana proyek konstruksi dan telah memiliki pengalaman terdahulu di bidang pelaksanaan dan biaya proyek konstruksi.

### **3.5. Identifikasi Variabel**

Identifikasi variabel penelitian dilakukan melalui proses studi literatur pada penelitian sebelumnya sebagai dasar yang akan digunakan pada survei pendahuluan guna memperoleh variabel yang relevan untuk dimodelkan dan dianalisa. Variabel yang digunakan sebagai dasar untuk survei pendahuluan adalah kombinasi variabel dari penelitian yang diperoleh Touran dan Lopez (2006); Morris dan Willson (2006); Kaliba, *et al.* (2008); Shane, *et al.* (2009); Pourrostam, T., *et al* (2011), Nurmala dan Hardjomuljadi, (2015); Assaf, S. A. dan Al-Hejji, S. (2006); El-Razek, M. E. A., *et al* (2008); dan Perez, P. B., *et al* (2015).

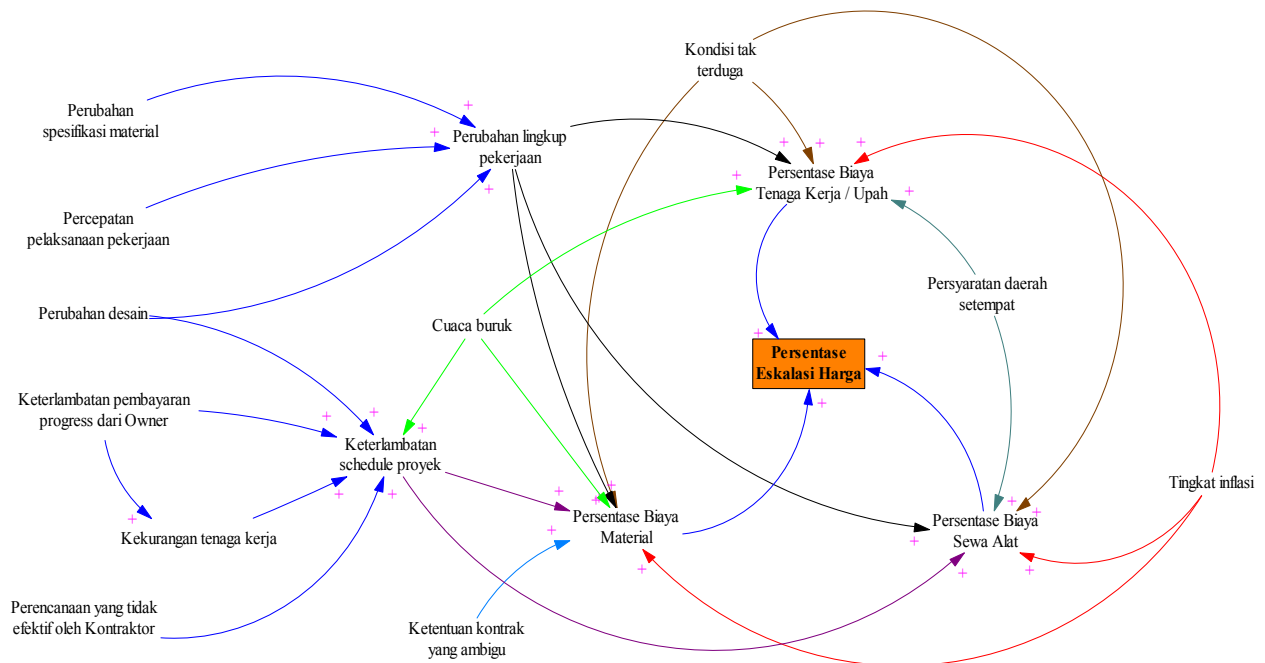
#### **3.5.1. Faktor Penyebab Terjadinya Eskalasi Biaya**

Dari hasil pengumpulan data yang diperoleh dari kajian literatur, kemudian dilakukan wawancara kepada *expert* dalam hal proyek konstruksi dan didapat beberapa

faktor penyebab dominan terjadinya eskalasi biaya. Eskalasi biaya sering terjadi pada proyek *multi years* sehingga sangat tergantung dalam perencanaan dan pengendalian sumber daya seperti material, tenaga kerja, waktu, alat, dan lain-lain, maka untuk menghindari atau memperkecil terjadinya eskalasi biaya perlu mengetahui submer penyebab terjadinya eskalasi biaya tersebut. Faktor-faktor penyebab terjadinya eskalasi biaya dapat dilihat tabel 3.1 di atas sebelumnya.

### **3.6. Perancangan Kausal Loop Diagram**

Pada tahap ini akan digambarkan berbagai macam hubungan antar variabel-variabel pembentuknya. Dalam menentukan dan memahami bentuk hubungan dari tiap variabel dilakukan wawancara terhadap manajer proyek. *Causal Loop Diagram* sebagai hipotesa awal bentuk sistem akan digunakan sebagai alat bantu untuk mempermudah saat proses wawancara, *Causal Loop Diagram* pada penelitian ini dibentuk dari hasil beberapa studi literatur yang nantinya akan diverifikasi oleh manajer proyek, bentuk CLD dapat berubah disesuaikan dengan hasil wawancara. Masing-masing variabel yang berhubungan akan dihubungkan oleh suatu anak panah. Ekor dari anak panah tersebut menunjukkan *causation* (penyebab) sedangkan kepala dari anak panah tersebut menunjukkan *effect* (dampak) dari suatu penyebab. Jika variabel pada ekor anak panah berubah berbanding lurus terhadap variabel pada kepala anak panah, maka anak panah yang menghubungkan variabel tersebut bernilai positif (+). Sedangkan jika variabel pada ekor anak panah berubah berbanding terbalik terhadap variabel pada kepala anak panah, maka anak panah yang menghubungkan variabel tersebut bernilai negatif (-).



Gambar 3.3 Model Awal Kausal Loop Diagram Eskalasi Biaya

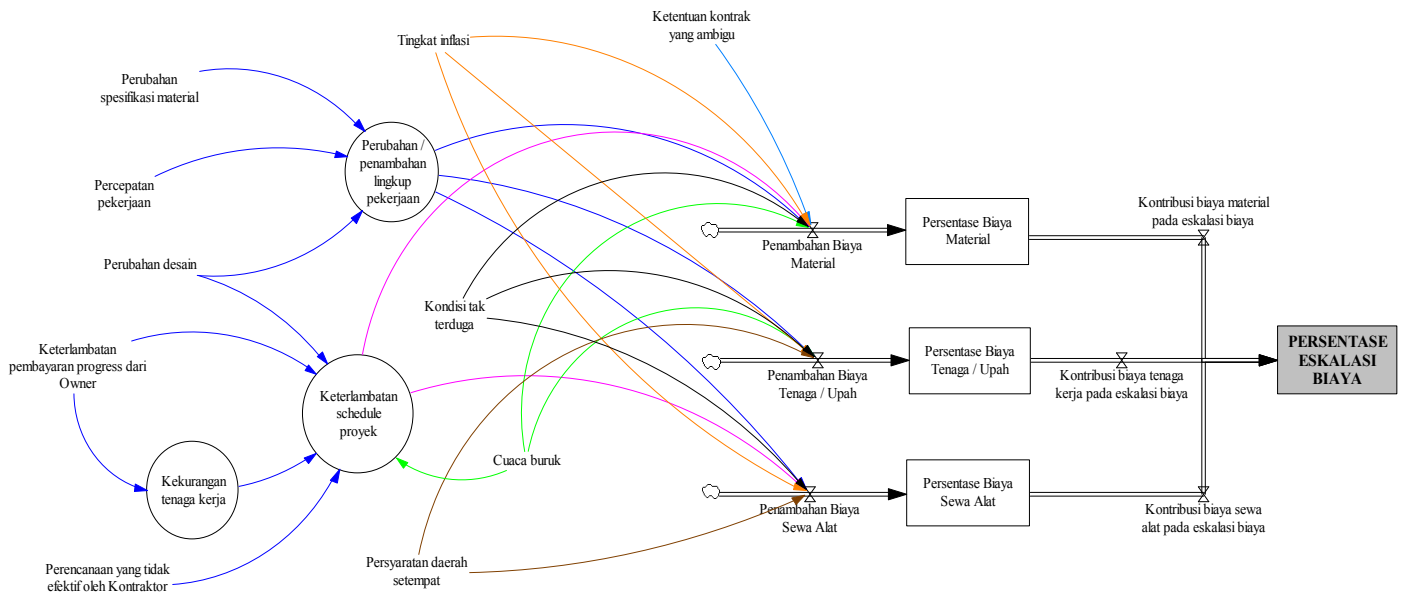
Jika bentuk CLD telah terbentuk, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi terhadap model yang dibuat tersebut. Validasi dilakukan untuk melihat apakah model yang dibuat telah mempresentasikan kondisi di proyek. Ada beberapa pengujian model yang dilakukan, mulai dari uji struktur model, uji parameter model, uji kecukupan batasan, uji kondisi ekstrim dan uji perilaku model. Pengujian – pengujian tersebut dilakukan oleh para ahli yang mengenal konsep dan sistem yang dimodelkan. Dalam sistem dinamik menurut Barlas (1996) validasi dan verifikasi dibagi dalam dua proses, yaitu perbandingan rata-rata (persamaan 2.1) dan perbandingan variasi amplitudo (persamaan 2.2). Model dianggap valid jika memenuhi persyaratan kedua perbandingan tersebut.

Dari hasil perancangan kausal loop diagram yang sudah valid, maka langkah berikutnya yaitu dilakukan simulasi dari model untuk mendapatkan besaran eskalasi biaya pada proyek konstruksi *multi years*. Simulasi dilakukan dengan memasukkan input data dari masing masing variabel yang menyusun kausal loop diagram untuk mendapatkan keterkaitan hubungan antar variabel sebagai fungsi objektifnya.



### 3.7. Perancangan Stock Flow Diagram

Pada tahap ini akan digambarkan berbagai macam hubungan antar variabel-variabel pembentuk yang mempengaruhi eskalasi biaya sesuai dengan model awal kausal loop diagram. Pemodelan ini dibuat secara grafis dengan simbol-simbol untuk variabel dan hubungannya (*stock flow diagram*), yang meliputi dua hal yaitu struktur dan perilaku. Adapun pola yang mempengaruhi antar unsur tersebut dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut;



Gambar 3.4 Stock Flow Diagram berdasarkan Model Awal Kausal Loop Diagram Eskalasi Biaya

Sesuai dengan gambar 2.3 pada bab sebelumnya, dalam merepresentasikan aktivitas dalam suatu lingkaran umpan-balik, digunakan dua jenis variabel yang disebut sebagai *Stock (Level)* dan *Flow (Rate)*. Sebelum menuju *Stock (Level)* dan *Flow (Rate)*, pemodelan di atas memiliki beberapa parameter dan *auxiliary*. Perubahan spesifikasi material, percepatan pekerjaan, perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, dan perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor merupakan suatu parameter yang mempengaruhi perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan, kekurangan tenaga kerja, dan keterlambatan *schedule* proyek sebagai *auxiliary*-nya. Disebut sebagai *auxiliary* dikarenakan merepresentasikan formulasi yang dapat

mempengaruhi *rate* atau variabel lainnya. Selain itu untuk faktor ketentuan kontrak yang ambigu, tingkat inflasi, kondisi tak terduga, cuaca buruk, dan persyaratan daerah setempat juga merupakan suatu parameter, namun faktor tersebut secara langsung mempengaruhi *rate*. *Flow (Rate)* sendiri dalam model di atas ada tiga, yaitu penambahan biaya material, penambahan biaya tenaga / upah, dan penambahan biaya sewa alat. *Rate* merupakan satu-satunya variabel dalam model yang dapat mempengaruhi *level*. *Stock (Level)* dalam pemodelan di atas yaitu biaya material, biaya tenaga / upah, dan biaya sewa alat. *Level* menyatakan kondisi sistem pada setiap saat, dimana *level* merupakan akumulasi yang terjadi di dalam sistem dan nilainya dapat berubah dengan mengakumulasi *rate*. Dalam pemodelan di atas, hasil keluaran *level* biaya material, biaya tenaga / upah, dan biaya sewa alat menjadi masukan atau *auxiliary* untuk *rate* penambahan biaya eskalasi yang kemudian mempengaruhi *level* berikutnya yaitu eskalasi biaya.

Dari hasil perancangan *stock flow diagram* yang sudah valid, maka langkah berikutnya yaitu memasukkan input data dari masing masing variabel yang menyusun *stock flow diagram* untuk mendapatkan keterkaitan hubungan antar variabel sebagai fungsi objektifnya. Sehingga pada akhirnya dapat diketahui berapa besaran eskalasi biaya pada proyek konstruksi *multi years*.

### **3.8. Skenario Pemodelan**

Pada tahap ini akan dilakukan dua skenario pemodelan, yaitu skenario parameter dan skenario struktur. Skenario parameter dilakukan dengan cara melakukan perubahan nilai parameter model dan kemudian melihat dampaknya terhadap *output* model sedangkan skenario struktur dilakukan dengan jalan mengubah struktur model. Dalam skenario parameter, parameter yang ada pada model seperti perubahan spesifikasi material, percepatan pekerjaan, perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor, ketentuan kontrak yang ambigu, tingkat inflasi, kondisi tidak terduga, cuaca buruk, dan persyaratan daerah setempat dijalankan/*running* satu per satu dan dilihat dampaknya terhadap *output* model. Adapun sebagai contoh dari skenario parameter yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Skenario Parameter dalam Melihat Dampaknya terhadap *Output Model*

Skenario	Parameter Model	Keterangan
Skenario 1	Perubahan spesifikasi material	<b><i>dijalankan</i></b>
	Percepatan pekerjaan	tidak dijalankan
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	tidak dijalankan
Skenario 2	Perubahan spesifikasi material	tidak dijalankan
	Percepatan pekerjaan	<b><i>dijalankan</i></b>
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	tidak dijalankan
Skenario 3	Perubahan spesifikasi material	tidak dijalankan
	Percepatan pekerjaan	tidak dijalankan
	Perubahan desain	<b><i>dijalankan</i></b>
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	tidak dijalankan
Skenario 4	Perubahan spesifikasi material	tidak dijalankan
	Percepatan pekerjaan	tidak dijalankan
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	<b><i>dijalankan</i></b>

Skenario	Parameter Model	Keterangan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	tidak dijalankan
Skenario 5	Perubahan spesifikasi material	tidak dijalankan
	Percepatan pekerjaan	tidak dijalankan
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	<b>dijalankan</b>
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	tidak dijalankan
Skenario 6	Perubahan spesifikasi material	tidak dijalankan
	Percepatan pekerjaan	tidak dijalankan
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	<b>dijalankan</b>
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	tidak dijalankan
Skenario 7	Perubahan spesifikasi material	tidak dijalankan
	Percepatan pekerjaan	tidak dijalankan
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	<b>dijalankan</b>
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	tidak dijalankan

Skenario	Parameter Model	Keterangan
Skenario 8	Perubahan spesifikasi material	tidak dijalankan
	Percepatan pekerjaan	tidak dijalankan
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan
	Kondisi tidak terduga	<b>dijalankan</b>
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	tidak dijalankan
Skenario 9	Perubahan spesifikasi material	tidak dijalankan
	Percepatan pekerjaan	tidak dijalankan
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	<b>dijalankan</b>
	Persyaratan daerah setempat	tidak dijalankan
Skenario 10	Perubahan spesifikasi material	tidak dijalankan
	Percepatan pekerjaan	tidak dijalankan
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	<b>dijalankan</b>

Skenario struktur yang dilakukan yaitu dengan memasukkan faktor-faktor tambahan yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* ke dalam model awal. Faktor-faktor tersebut diperoleh dari beberapa literatur yang membahas tentang upaya-upaya untuk menurunkan eskalasi biaya sesuai pada Tabel

2.2. Adapun faktor-faktor yang dimasukkan ke dalam model yaitu pendetailan *schedule* proyek, mitigasi risiko, keterlibatan awal kontraktor dalam pengembangan desain, dan keterlibatan pakar/*expert* dalam proyek. Faktor-faktor tersebut dimasukkan dan dikombinasikan sedemikian rupa ke dalam model awal yang sudah divalidasi dalam *Vensim* mulai dari memasukkan satu per satu faktor yang ada, mengkombinasikan dua faktor, mengkombinasikan tiga faktor, dan yang terakhir empat faktor dimasukkan bersamaan sehingga didapatkan hasil yang optimal dalam upaya meminimalisir besaran eskalasi biaya proyek *multi years*. Adapun kombinasi skenario yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Skenario-skenario Struktur dalam Meminimalkan Besaran Eskalasi Biaya Proyek *Multi Years*

Skenario	Faktor Tambahan	Keterangan
Skenario 1	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
Skenario 2	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
Skenario 3	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
Skenario 4	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 5	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
Skenario 6	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
Skenario 7	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 8	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
Skenario 9	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 10	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 11	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
Skenario 12	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 13	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan

Skenario	Faktor Tambahan	Keterangan
Skenario 14	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 15	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan

*halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB 4**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

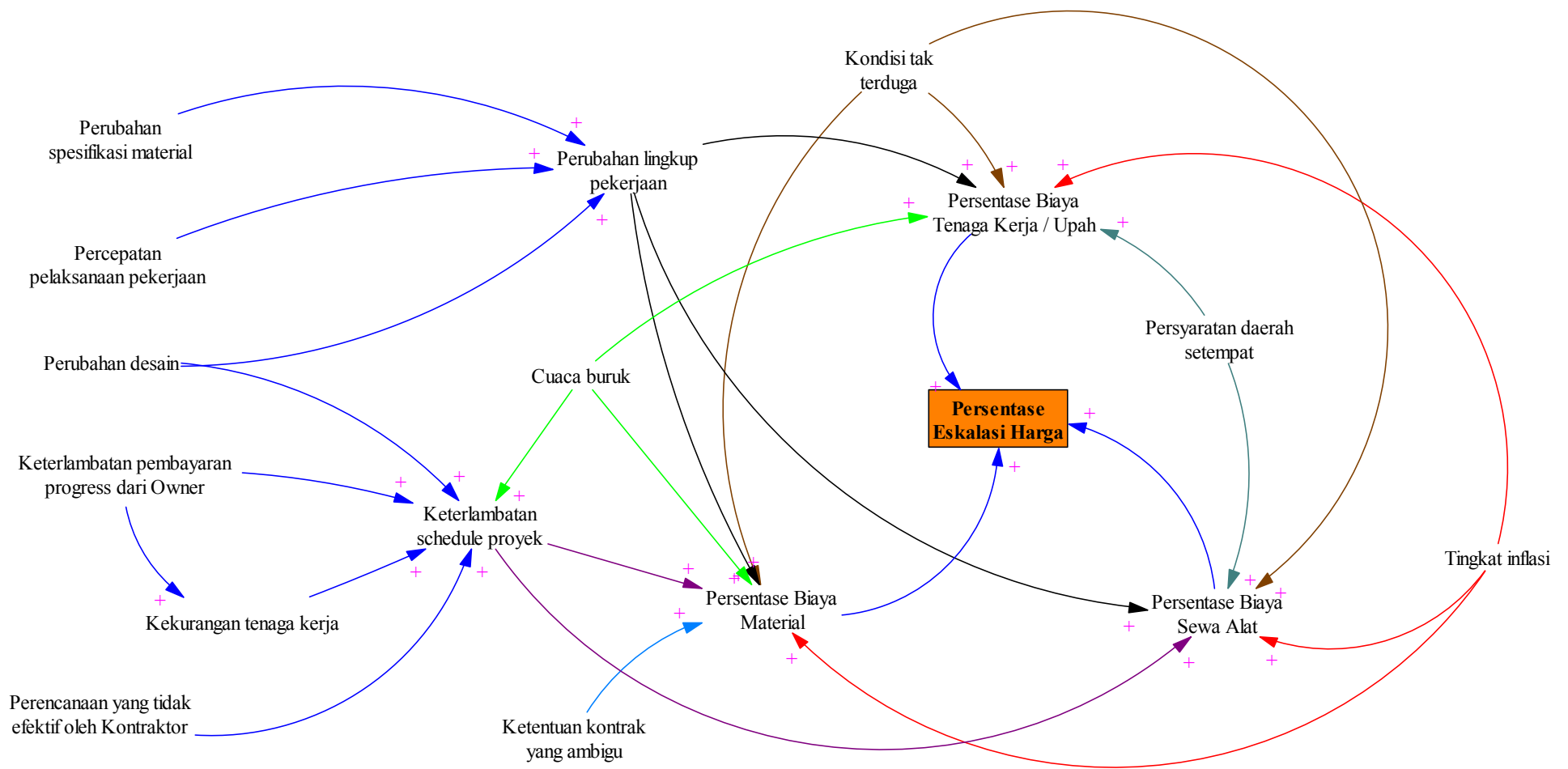
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses dan hasil serta pembahasan dari pengolahan data yang telah dilakukan. Sebagai alat bantu analisis digunakan *software Ms. Excel 2010*, *Software Minitab 16* dan *software Vensim*, untuk mengetahui hubungan antar faktor penyebab eskalasi biaya proyek *multi years* dan tren / kecenderungan eskalasi biaya pada proyek *multi years*.

#### **4.1. Identifikasi Variabel Terkait**

Sebelum mendesain secara lengkap, langkah yang dilakukan yaitu dengan mengidentifikasi variabel-variabel terkait. Hal ini dilakukan melalui serangkaian studi kepustakaan dan studi objek penelitian, serta hasil wawancara / diskusi dengan beberapa pihak terkait yang dalam hal ini para *expert* dalam bidang proyek konstruksi gedung *multi years*. Adapun dari hasil yang didapat dapat dilihat pada Gambar 4.1 *kausal loop diagram* di bawah ini.

##### **a. Cuaca buruk**

Proyek konstruksi dilaksanakan pada area atau tempat yang terbuka sehingga produktivitas dari pekerjaan konstruksi dipengaruhi oleh kondisi cuaca, terutama hujan. Cuaca buruk yang dalam hal ini intensitas curah hujan berpengaruh dalam waktu penyelesaian pekerjaan proyek. Pada proyek berdurasi panjang seringkali mengalami perulangan musim. Intensitas curah hujan merupakan suatu hal yang penting dalam pelaksanaan proyek, terlebih untuk proyek konstruksi gedung bertingkat yang terkait dengan pekerjaan tanah seperti pekerjaan basement dan *substructure*. Risiko hujan menimbulkan kendala pada proyek konstruksi yang dapat menyebabkan adanya kehilangan waktu kerja. Akibatnya pekerjaan terlambat akibat produktifitas alat dan *manpower* yang rendah karena hujan. Keterlambatan proyek akibat kehilangan waktu kerja yang disebabkan hujan ini menimbulkan kerugian bagi pihak kontraktor dimana keuntungan kontraktor berkurang dikarenakan naiknya biaya *overhead*, karena bertambah panjangnya waktu pelaksanaan.



Gambar 4.1 Model Kausal Loop Diagram Eskalasi Biaya

b. Tingkat inflasi

Tingkat inflasi sangat berpengaruh terhadap harga-harga barang yang ada. Secara umum kemungkinan inflasi ini menimbulkan strategi yang bersifat spekulatif. Berdasarkan hasil diskusi dengan kontraktor, pada saat membuat estimasi biaya, kontraktor telah memasukkan cadangan biaya untuk mengimbangi pengaruh-pengaruh dari inflasi dan kenaikan harga-harga yang didistribusikan atas item-item penawaran. Namun kenyataannya, dalam proyek *multi years* efek inflasi ini sulit diprediksi sehingga biaya yang telah dicadangkan tidak dapat menanggung kenaikan harga-harga material yang berdampak peningkatan biaya konstruksi.

c. Kondisi tidak terduga

Pada proyek konstruksi gedung dengan galian basement yang cukup dalam (lebih dari 2 lantai) di Surabaya, kondisi tanah tentu menjadi perhatian khusus. Berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi dengan kontraktor, kondisi tanah yang tidak sesuai dengan desain perencanaan dapat mempengaruhi dasar penggalian, pemadatan, dan struktur pondasinya. Ada banyak masalah yang belum diketahui selama tahap perencanaan dan desain yang dapat meningkatkan biaya proyek ketika semuanya menjadi jelas selama masa konstruksi, yang dalam hal ini proses pekerjaan *substructure*. Kondisi tanah yang tidak terduga memberikan dampak yang cukup besar dalam peningkatan biaya proyek konstruksi. Adapun hal tersebut dapat dilihat dari perubahan metode pelaksanaan yang digunakan kontraktor dalam mengatasi kondisi tanah yang terjadi dan upaya-upaya percepatan pekerjaan yang terlambat akibat menunggunya pekerjaan yang berhubungan dengan selesainya pekerjaan tanah.

d. Perubahan lingkup pekerjaan

Pelaksanaan suatu proyek konstruksi pada kenyataannya selalu terjadi perubahan pekerjaan yang tidak dapat dihindari, baik perubahan dalam skala kecil maupun skala besar. Dengan adanya perubahan ini dapat mengubah spesifikasi biaya kontrak dan jadwal pembayaran serta jadwal penyelesaian proyek. Hal ini dapat dilihat apabila perubahan pekerjaan yang cukup besar terjadi pada tahun yang berbeda pada saat penawaran kontrak awal yang telah disetujui, tentunya terdapat selisih harga antara kontrak awal yang telah disetujui dengan harga penawaran baru. Ketika

perubahan/penambahan lingkup pekerjaan mencapai 15% - 20% dari kontrak awal, maka hal ini akan sangat mempengaruhi *performance* kontraktor yang berdampak pada penambahan biaya dan waktu. Penambahan biaya seperti biaya langsung yang meliputi semua beban tenaga kerja, material konstruksi, peralatan konstruksi, pengawas dan staff, dan penambahan biaya terdampak lain seperti biaya percepatan misalnya kerja bergilir, kerja lembur, penambahan regu kerja, dan irama pekerjaan misalnya kerugian satu hari dapat menyebabkan keterlambatan dalam seminggu. Perubahan ruang lingkup proyek juga dapat terjadi karena bangunan yang dibutuhkan oleh pemilik diharapkan lebih cepat dari pada rencana jadwal yang sudah disepakati dalam kontrak. Percepatan tersebut di atas merupakan kondisi yang tidak dapat dikendalikan oleh kontraktor. Dampak paling nyata dengan adanya percepatan sesuai hasil diskusi dengan kontraktor adalah kenaikan biaya langsung (*direct costs*). Biaya langsung ini berhubungan dengan biaya bahan bangunan, biaya operasi peralatan, biaya pekerja dan biaya subkontraktor, yang dimana dengan adanya percepatan waktu proyek, manajemen atau pengelolaan lapangan menjadi lebih sulit dan kompleks. Hal tersebut diakibatkan jumlah peralatan dan tenaga kerja akan bertambah tetapi ruang kerja tetap sama sehingga waktu kerja perlu diperpanjang (kerja lembur).

e. Ketentuan kontrak yang ambigu

Ketentuan kontrak yang ambigu ini berkaitan dengan adanya perubahan lingkup pekerjaan yang berdampak pada penambahan biaya dan waktu. Sesuai hasil diskusi dengan kontraktor, kata-kata dalam dokumen kontrak yang samar-samar dan ambigu sangat berpotensi dalam pelaksanaan pekerjaan yang tidak sesuai dengan interpretasi dari owner sehingga diperlukannya *rework* dan waktu tambahan untuk penyelesaian pekerjaan tersebut.

f. Persyaratan daerah setempat

Dalam tahap pelaksanaan proyek konstruksi, kontraktor akan menghadapi persyaratan daerah setempat yang bisa dikatakan unik dan berbeda di setiap lokasi proyek. Berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi dengan kontraktor, risiko-risiko persyaratan daerah setempat dan atau lingkungan seringkali menimbulkan adanya pengeluaran-pengeluaran biaya yang tak terduga, terutama biaya upah tenaga kerja.

Hal ini dikarenakan masyarakat kita umumnya sangat cepat bereaksi negatif apabila lingkungan tempat tinggalnya mengalami perubahan atau terganggu oleh mobilisasi alat proyek, kebisingan / polusi suara kegiatan proyek, polusi udara kegiatan proyek dan lain sebagainya.

g. Keterlambatan *schedule* proyek

Proyek konstruksi tentu dilaksanakan sesuai dengan rencana pelaksanaan yang disusun berdasarkan surat perjanjian, persyaratan kontrak, dan spesifikasi teknis. Pada perencanaan tersebut telah ditentukan kapan proyek harus dimulai dan kapan proyek tersebut harus selesai. Pada setiap proyek konstruksi, tentu seluruh pihak yang terlibat menginginkan proyek tersebut selesai tepat waktu sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sebelumnya, namun pada kenyataannya sesuai hasil diskusi dengan kontraktor tidak ada proyek yang dapat mencapai kondisi ideal, seluruh proyek memiliki hambatannya masing-masing dan terkadang berujung pada keterlambatan penyelesaian proyek tersebut. Keterlambatan pada proyek konstruksi seringkali berujung pada peningkatan biaya karena bertambahnya durasi pengerjaan yang menyebabkan terjadinya peningkatan dalam penggunaan sumber daya yang digunakan. Adapun sesuai hasil diskusi dengan kontraktor, perubahan desain saat konstruksi dan keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner* memiliki dampak tertinggi dalam keterlambatan pelaksanaan konstruksi.

h. Tingginya volume pekerjaan konstruksi

Tingginya volume pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi merupakan sesuatu hal yang wajar dimana fenomena proyek-proyek swasta di Surabaya yang dikerjakan oleh PT. PP dituntut untuk selesai tepat waktu dengan banyaknya item dari berbagai paket pekerjaan dan dengan spesifikasi unik. Namun tingginya volume pekerjaan ini juga bisa merupakan sebagai dampak dari perubahan / penambahan lingkup pekerjaan yang menimbulkan tambahan biaya dan waktu. Sehingga untuk mengejar keterlambatan pelaksanaan pekerjaan akibat perubahan / penambahan lingkup pekerjaan ini, kontraktor berupaya untuk melakukan percepatan agar proyek tetap bisa selesai tepat waktu. Efek dari percepatan pekerjaan itulah yang memberikan dampak

langsung kepada kontraktor, khususnya penambahan biaya seperti yang sudah dijelaskan pada paragraf sebelumnya.

#### 4.2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Proses pengumpulan data diperoleh dari tujuh proyek konstruksi *multi years* gedung yang telah selesai dikerjakan PT. PP (Persero) Tbk di Surabaya. Data ini kemudian digunakan sebagai pedoman awal untuk menentukan perilaku awal dari data secara rasional. Adapun satu dari enam proyek yang dipilih digunakan sebagai *data testing*, yaitu untuk menguji kevalidan model dengan membandingkan hasil simulasi model dengan *data testing* pada data tingkat eskalasi biaya proyek *multi years*. Data yang diambil antara lain Proyek A periode tahun 2010-2011, Proyek B periode tahun 2011-2013, Proyek C periode tahun 2012-2015, Proyek D periode tahun 2013-2015, Proyek E periode tahun 2014-2016, Proyek F periode tahun 2015-2016, dan Proyek G (sebagai *data testing*) periode tahun 2013-2015. Adapun data-data yang dikumpulkan adalah data pada setiap proyek yang meliputi eskalasi biaya, harga material, harga upah tenaga kerja, harga sewa alat, dan data lainnya sesuai dengan kebutuhan pada diagram kausal *loop* Gambar 4.1. Beberapa data bisa didapatkan langsung dari data *riil* perhitungan yang ada pada setiap proyek, antara lain data eskalasi biaya proyek, harga material, harga upah tenaga kerja, harga sewa alat, perubahan / penambahan ruang lingkup pekerjaan, ketentuan kontrak yang ambigu, kondisi tidak terduga, keterlambatan *schedule* proyek, tingkat inflasi, cuaca buruk, dan persyaratan daerah setempat. Adapun data-data tersebut disajikan pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hubungan antara Tingkat Eskalasi dengan Perubahan Harga Material, Upah Tenaga Kerja, dan Sewa Alat

No.	Nama Proyek	Tahun Pelaksanaan	Tingkat Eskalasi	Perubahan Harga Material	Perubahan Harga Upah Tenaga Kerja	Perubahan Harga Sewa Alat
1	2	3	4	5	6	7
1	Proyek A	2010 - 2011	2.07%	6.56%	7.36%	4.18%
2	Proyek B	2011 - 2013	3.53%	6.85%	7.62%	1.83%
3	Proyek C	2012 - 2015	9.68%	5.83%	7.33%	6.94%
4	Proyek D	2013 - 2015	3.52%	8.01%	6.19%	2.07%

No.	Nama Proyek	Tahun Pelaksanaan	Tingkat Eskalasi	Perubahan Harga Material	Perubahan Harga Upah Tenaga Kerja	Perubahan Harga Sewa Alat
1	2	3	4	5	6	7
5	Proyek E	2014 - 2016	6.53%	12.34%	6.01%	6.48%
6	Proyek F	2015 - 2016	2.11%	0.58%	9.25%	3.67%

Sumber: Proyek PT. PP (Persero) Tbk. di Surabaya tahun 2010 – 2016

Perhitungan eskalasi biaya suatu proyek dilakukan dengan mereview data RAB (Rencana Anggaran Biaya) yang berlaku saat tahun berjalan dengan data RAB yang terdapat pada kontrak awal proyek tersebut. Sebagai contoh pada Proyek A yang dilaksanakan pada tahun 2010 – 2011 (lihat Tabel 4.1), tingkat eskalasi (kolom 4) yang terjadi sebesar 2.07%. Tingkat eskalasi tersebut didapat dari penyesuaian volume dan harga RAB pada Proyek A terhadap perubahan harga material, upah tenaga kerja, dan sewa alat yang terjadi pada periode tahun masa konstruksi tersebut. Adapun data pada kolom 5, 6, dan 7 merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat eskalasi pada kolom 4. Data ini didapat dari bagian pengadaan (*procurement*) kantor divisi 3 PT. PP (Persero) Tbk. di Surabaya.

Tabel 4.2 Hubungan antara Persentase Harga Material dengan Faktor yang Mempengaruhi dalam Kausal Loop Diagram

No.	Nama Proyek	Tahun Pelaksanaan	Perubahan Harga Material	Perubahan / Penambahan Lingkup Pekerjaan	Ketentuan kontrak yang ambigu	Kondisi tidak terduga	Keterlambatan schedule proyek	Tingkat inflasi	Cuaca buruk
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Proyek A	2010 - 2011	6.56%	2.77%	0.00%	0.67%	17.21%	17.01%	3.94%
2	Proyek B	2011 - 2013	6.85%	2.40%	0.00%	1.55%	59.56%	25.05%	6.33%
3	Proyek C	2012 - 2015	5.83%	9.17%	4.01%	2.61%	164.29%	26.89%	6.48%
4	Proyek D	2013 - 2015	8.01%	8.84%	0.00%	0.92%	18.96%	29.68%	7.82%
5	Proyek E	2014 - 2016	12.34%	7.50%	1.37%	2.14%	69.23%	25.33%	5.23%
6	Proyek F	2015 - 2016	0.58%	10.40%	0.00%	1.18%	195.15%	29.14%	4.05%

Sumber: Proyek PT. PP (Persero) Tbk. di Surabaya tahun 2010 - 2016

Tabel 4.3 Hubungan antara Persentase Harga Upah Tenaga Kerja dengan Faktor yang Mempengaruhi dalam Kausal Loop Diagram

No.	Nama Proyek	Tahun Pelaksanaan	Perubahan Harga Upah	Perubahan / Penambahan Lingkup Pekerjaan	Kondisi tidak terduga	Tingkat inflasi	Cuaca buruk	Persyaratan daerah setempat
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Proyek A	2010 - 2011	7.36%	2.77%	0.67%	17.01%	3.94%	0.00%
2	Proyek B	2011 - 2013	7.62%	2.40%	1.55%	25.05%	6.33%	0.00%
3	Proyek C	2012 - 2015	7.33%	9.17%	2.61%	26.89%	6.48%	0.23%
4	Proyek D	2013 - 2015	6.19%	8.84%	0.92%	29.68%	7.82%	0.20%
5	Proyek E	2014 - 2016	6.01%	7.50%	2.14%	25.33%	5.23%	0.00%
6	Proyek F	2015 - 2016	9.25%	10.40%	1.18%	29.14%	4.05%	0.31%

Sumber: Proyek PT. PP (Persero) Tbk. di Surabaya tahun 2010 - 2016

Tabel 4.4 Hubungan antara Persentase Harga Sewa Alat dengan Faktor yang Mempengaruhi dalam Kausal Loop Diagram

No.	Nama Proyek	Tahun Pelaksanaan	Perubahan Harga Sewa Alat	Perubahan / Penambahan Lingkup Pekerjaan	Kondisi tidak terduga	Keterlambatan schedule proyek	Tingkat inflasi	Persyaratan daerah setempat
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Proyek A	2010 - 2011	4.18%	2.77%	0.67%	17.21%	17.01%	0.00%
2	Proyek B	2011 - 2013	1.83%	2.40%	1.55%	59.56%	25.05%	0.00%
3	Proyek C	2012 - 2015	6.94%	9.17%	2.61%	164.29%	26.89%	0.23%
4	Proyek D	2013 - 2015	2.07%	8.84%	0.92%	18.96%	29.68%	0.20%
5	Proyek E	2014 - 2016	6.48%	7.50%	2.14%	69.23%	25.33%	0.00%
6	Proyek F	2015 - 2016	3.67%	10.40%	1.18%	195.15%	29.14%	0.31%

Sumber: Proyek PT. PP (Persero) Tbk. di Surabaya tahun 2010 – 2016

Penjelasan pada Tabel 4.2, Tabel 4.3, dan Tabel 4.4 di atas adalah sebagai berikut; sebagai contoh pada Tabel 4.2, kolom 5 sampai dengan kolom 10 merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan harga material pada kolom 4. Data pada kolom 4 didapat dari bagian pengadaan (*procurement*) kantor divisi 3 PT. PP (Persero) Tbk. di Surabaya. Untuk data perubahan lingkup pekerjaan pada kolom 5 didapat dari data *variation order* yang dilakukan pada masing-masing proyek, adapun besaran persentase merupakan perbandingan antara besaran nilai *variation order* dengan nilai kontrak awal masing-masing proyek. Data ketentuan kontrak yang ambigu pada kolom 6 didapat dari daftar item pekerjaan yang timbul akibat ketentuan kontrak yang ambigu dan sudah terkuantifikasi secara nilai yang kemudian dibandingkan dengan nilai kontrak awal. Data kondisi tidak terduga pada kolom 7, didapatkan dari daftar



anggaran biaya yang sudah dikeluarkan selama masa konstruksi untuk hal-hal yang tidak terduga yang juga dibandingkan dengan nilai kontrak awal. Data keterlambatan *schedule* proyek pada kolom 8, didapatkan dari perbandingan antara selisih jumlah hari kerja kontrak awal dengan data perubahan (*addendum* kontrak). Data tingkat inflasi pada kolom 9 didapat dari fluktuasi harga material dan sewa alat terkait variabel tingkat inflasi yang terjadi di proyek konstruksi setiap tahun. Data yang diambil yaitu daftar harga material dan sewa alat yang dipakai kontraktor yang sudah disepakati dengan para *supplier*. Adapun untuk data cuaca buruk pada kolom 10 didapat dari intensitas curah hujan yang pernah terjadi di lokasi proyek. Data yang diambil yaitu jumlah jam dengan cuaca buruk yang terjadi selama masa pelaksanaan proyek dibandingkan dengan jumlah jam kerja sesuai waktu pelaksanaan awal kontrak.

Namun beberapa data lainnya didapat berdasarkan hasil wawancara dari para *expert* (*project manager, construction manager / site operational manager, dan site engineering manager*) pada setiap proyek mengenai fakta / pengalaman proyek terdahulu, seperti data persentase pengaruh terjadinya perubahan spesifikasi material, percepatan pekerjaan, perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor, dan kekurangan tenaga kerja terhadap perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan dan keterlambatan *schedule* proyek. Data tersebut kemudian diolah sedemikian rupa dan dinyatakan dalam bentuk tingkat pengaruh dan bentuk interaksi dari parameter faktor penyebab eskalasi biaya dalam proyek *multi years* konstruksi gedung. Adapun data-data tersebut disajikan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.5 Hubungan antara Persentase Perubahan/Penambahan Ruang Lingkup Pekerjaan dengan Faktor yang Mempengaruhi dalam Kausal Loop Diagram

No.	Nama Proyek	Tahun Pelaksanaan	Perubahan / Penambahan Lingkup Pekerjaan	Perubahan spesifikasi material	Percepatan pekerjaan	Perubahan desain
1	2	3	4	5	6	7
1	Proyek A	2010 - 2011	2.77%	71.26%	31.11%	80.30%
2	Proyek B	2011 - 2013	2.40%	83.81%	31.48%	84.22%
3	Proyek C	2012 - 2015	9.17%	82.61%	33.45%	81.30%
4	Proyek D	2013 - 2015	8.84%	82.22%	19.52%	82.58%
5	Proyek E	2014 - 2016	7.50%	79.17%	28.97%	76.03%
6	Proyek F	2015 - 2016	10.40%	86.41%	33.98%	84.40%

Tabel 4.6 Hubungan antara Persentase Keterlambatan *Schedule* Proyek dengan Faktor yang Mempengaruhi dalam Kausal Loop Diagram

No.	Nama Proyek	Tahun Pelaksanaan	Keterlambatan <i>schedule</i> proyek	Perubahan desain	Keterlambatan pembayaran progress dari Owner	Kekurangan tenaga kerja	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	Cuaca Buruk
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Proyek A	2010 - 2011	17.21%	65.66%	8.59%	7.33%	37.04%	3.94%
2	Proyek B	2011 - 2013	59.56%	50.00%	12.79%	6.27%	42.12%	6.33%
3	Proyek C	2012 - 2015	164.29%	48.61%	27.78%	12.78%	38.36%	6.48%
4	Proyek D	2013 - 2015	18.96%	55.44%	46.21%	5.16%	43.43%	7.82%
5	Proyek E	2014 - 2016	69.23%	51.79%	36.45%	14.39%	25.00%	5.23%
6	Proyek F	2015 - 2016	195.15%	49.62%	31.34%	20.20%	39.78%	4.05%

Penjelasan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 di atas adalah sebagai berikut; sebagai contoh pada Tabel 4.5, kolom 5 sampai dengan kolom 7 merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kolom 4 yaitu perubahan / penambahan lingkup pekerjaan. Untuk data perubahan lingkup pekerjaan pada kolom 4 didapat dari data *variation order* yang dilakukan pada masing-masing proyek, adapun besaran persentase merupakan perbandingan antara besaran nilai *variation order* dengan nilai kontrak awal masing-masing proyek. Data perubahan spesifikasi material, percepatan pekerjaan, dan perubahan desain didapat dari data primer yang dikumpulkan berupa fakta dari responden mengenai bobot yang dinyatakan dalam bentuk tingkat pengaruh dan bentuk interaksi dari parameter faktor penyebab eskalasi biaya dalam proyek konstruksi.

Data yang sudah dikumpulkan kemudian diolah untuk mendapatkan persamaan rumus pengaruh antar faktor sesuai Gambar 4.1. Persamaan rumus ini yang nantinya digunakan untuk pembuatan model sistem dinamik dengan *software Vensim*. Perumusan didapat dari penerapan teknik pengolahan data statistik yakni Regresi Linier Berganda dengan pendekatan *Principal Component Analysis* (PCA). Pendekatan PCA perlu diimplementasikan karena jumlah variabel prediktor yang lebih banyak dibanding variabel terikatnya. PCA memiliki kemampuan untuk mereduksi variabel prediktor yang banyak hingga menjadi variabel baru yang lebih sedikit namun tetap memiliki korelasi. Variabel prediktor yang baru inilah yang digunakan untuk analisis Regresi Linier Berganda. Proses pengolahan data dilakukan dengan alat bantu *Software Minitab* 16.

Dalam penerapan pengolahan data pengaruh antar faktor ini, terdapat dua jenis variabel yang digunakan yakni variabel prediktor dan variabel terikat. Variabel prediktor yang dimaksud adalah faktor-faktor yang memiliki pengaruh perubahan terhadap faktor lainnya sesuai Gambar 4.1. Sebaliknya, variabel terikat yang dimaksud adalah faktor yang dipengaruhi perubahannya oleh faktor lain. Variabel prediktor dan variabel terikat ini kemudian dicari keterkaitannya yang dituangkan ke dalam bentuk persamaan. Persamaan-persamaan dibuat pada setiap variabel terikat yang dipengaruhi oleh satu dan atau beberapa variabel prediktornya. Persamaan rumus ini yang nantinya digunakan untuk pembuatan model sistem dinamik dengan *software Vensim*. Berikut rekapitulasi persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapatkan melalui pengolahan data Regresi Linier Berganda, disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengolahan Data dengan Regresi Linier Berganda

No	Variabel Terikat	Variabel Prediktor (Faktor yang mempengaruhi)	Persamaan Regresi Linier Berganda
1.	Y : Eskalasi Biaya	<p><b>yang mempengaruhi</b></p> <p><math>A_1</math> : Harga material  <math>\bar{A}_1</math> : nilai rata-rata data harga material  <math>SA_1</math>: Standar deviasi data harga material</p> <p><math>A_2</math> : Harga upah tenaga kerja  <math>\bar{A}_2</math> : nilai rata-rata data harga upah tenaga kerja  <math>SA_2</math>: Standar deviasi data harga upah tenaga kerja</p> <p><math>A_3</math> : Harga sewa alat  <math>\bar{A}_3</math> : nilai rata-rata data harga sewa alat  <math>SA_3</math>: Standar deviasi data harga sewa alat</p>	$Y = 0.0457 + 0.0106 \left( 0.632 \left( \frac{A_1 - \bar{A}_1}{SA_1} \right) - 0.671 \left( \frac{A_2 - \bar{A}_2}{SA_2} \right) + 0.290 \left( \frac{A_3 - \bar{A}_3}{SA_3} \right) \right) - 0.0190 \left( 0.161 \left( \frac{A_1 - \bar{A}_1}{SA_1} \right) - 0.250 \left( \frac{A_2 - \bar{A}_2}{SA_2} \right) - 0.955 \left( \frac{A_3 - \bar{A}_3}{SA_3} \right) \right) \dots\dots\dots(1)$ <p>Ilustrasi :</p> <pre> graph LR     A[Harga material] --&gt; D[Eskalasi Biaya]     B[Harga upah] --&gt; D     C[Harga sewa alat] --&gt; D     </pre>

No	Variabel Terikat	Variabel Prediktor (Faktor yang mempengaruhi)	Persamaan Regresi Linier Berganda
2.	A <sub>1</sub> : Harga material	<p>X<sub>1</sub> : Perubahan / penambahan lingkup pekerjaan</p> <p>X<sub>2</sub> : Ketentuan kontrak yang ambigu</p> <p>X<sub>3</sub> : Kondisi tidak terduga</p> <p>X<sub>4</sub> : Keterlambatan schedule proyek</p> <p>X<sub>5</sub> : Tingkat inflasi</p> <p>X<sub>6</sub> : Cuaca buruk</p> <p><math>\bar{X}_1 - \bar{X}_5</math> : nilai rata-rata data</p> <p>SX<sub>1</sub> - SX<sub>6</sub> : Standar deviasi data</p>	$A_1 = 0.0670 - 0.003 \left( \frac{X_1 - \bar{X}_1}{SX_1} \right) + (-0.429) \left( \frac{X_2 - \bar{X}_2}{SX_2} \right) + 0.445 \left( \frac{X_3 - \bar{X}_3}{SX_3} \right) + 0.430 \left( \frac{X_4 - \bar{X}_4}{SX_4} \right) + 0.426 \left( \frac{X_5 - \bar{X}_5}{SX_5} \right) + 0.196 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) + 0.0032 \left( 0.189 \left( \frac{X_1 - \bar{X}_1}{SX_1} \right) - 0.362 \left( \frac{X_2 - \bar{X}_2}{SX_2} \right) - 0.311 \left( \frac{X_3 - \bar{X}_3}{SX_3} \right) - 0.310 \left( \frac{X_4 - \bar{X}_4}{SX_4} \right) + 0.511 \left( \frac{X_5 - \bar{X}_5}{SX_5} \right) + 0.616 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) - 0.0240 \left( 0.386 \left( \frac{X_1 - \bar{X}_1}{SX_1} \right) - 0.413 \left( \frac{X_2 - \bar{X}_2}{SX_2} \right) - 0.403 \left( \frac{X_3 - \bar{X}_3}{SX_3} \right) + 0.436 \left( \frac{X_4 - \bar{X}_4}{SX_4} \right) + 0.221 \left( \frac{X_5 - \bar{X}_5}{SX_5} \right) - 0.528 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) \right) \dots\dots\dots (2)$ <p>Ilustrasi :</p> <pre> graph LR     A[Perubahan lingkup pekerjaan] --&gt; H[Harga Material]     B[Ketentuan kontrak ambigu] --&gt; H     C[Kondisi tidak terduga] --&gt; H     D[Keterlambatan schedule proyek] --&gt; H     E[Tingkat inflasi] --&gt; H     F[Cuaca buruk] --&gt; H   </pre>

No	Variabel Terikat	Variabel Prediktor (Faktor yang mempengaruhi)	Persamaan Regresi Linier Berganda
3.	A <sub>2</sub> : Harga upah tenaga kerja	X <sub>1</sub> : Perubahan / penambahan lingkup pekerjaan X <sub>3</sub> : Kondisi tidak terduga X <sub>5</sub> : Tingkat inflasi X <sub>6</sub> : Cuaca buruk X <sub>7</sub> : Persyaratan daerah setempat $\bar{X}_1 - \bar{X}_7$ : nilai rata-rata data SX <sub>1</sub> – SX <sub>7</sub> : Standar deviasi data	$A_2 = 0.0729 - 0.00063 \left( \frac{X_1 - \bar{X}_1}{SX_1} \right) + 0.235 \left( \frac{X_3 - \bar{X}_3}{SX_3} \right) + 0.558 \left( \frac{X_5 - \bar{X}_5}{SX_5} \right) + 0.284 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) + 0.506 \left( \frac{X_7 - \bar{X}_7}{SX_7} \right) + 0.00713 \left( \frac{X_1 - \bar{X}_1}{SX_1} - 0.582 \left( \frac{X_3 - \bar{X}_3}{SX_3} \right) - 0.066 \left( \frac{X_5 - \bar{X}_5}{SX_5} \right) - 0.639 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) + 0.428 \left( \frac{X_7 - \bar{X}_7}{SX_7} \right) \right) \dots\dots(3)$ <p>Ilustrasi :</p> <pre> graph LR     A[Perubahan lingkup pekerjaan] --&gt; E[Harga upah tenaga kerja]     B[Kondisi tidak terduga] --&gt; E     C[Persyaratan daerah setempat] --&gt; E     D[Tingkat inflasi] --&gt; E     F[Cuaca buruk] --&gt; E           </pre>

No	Variabel Terikat	Variabel Prediktor (Faktor yang mempengaruhi)	Persamaan Regresi Linier Berganda
4.	A <sub>3</sub> : Harga sewa alat	X <sub>1</sub> : Perubahan / penambahan lingkup pekerjaan X <sub>3</sub> : Kondisi tidak terduga X <sub>4</sub> : Keterlambatan schedule proyek X <sub>5</sub> : Tingkat inflasi X <sub>7</sub> : Persyaratan daerah setempat $\bar{X}_1 - \bar{X}_7$ : nilai rata-rata data SX <sub>1</sub> – SX <sub>7</sub> : Standar deviasi data	$A_3 = 6,0420 + 0,0322 \left( 0,514 \left( \frac{X_1 - \bar{X}_1}{SX_1} \right) + 0,243 \left( \frac{X_3 - \bar{X}_3}{SX_3} \right) + 0,450 \left( \frac{X_4 - \bar{X}_4}{SX_4} \right) + 0,467 \left( \frac{X_5 - \bar{X}_5}{SX_5} \right) + 0,496 \left( \frac{X_7 - \bar{X}_7}{SX_7} \right) \right) - 0,0148 \left( 0,144 \left( \frac{X_1 - \bar{X}_1}{SX_1} \right) - 0,872 \left( \frac{X_3 - \bar{X}_3}{SX_3} \right) - 0,249 \left( \frac{X_4 - \bar{X}_4}{SX_4} \right) + 0,152 \left( \frac{X_5 - \bar{X}_5}{SX_5} \right) + 0,365 \left( \frac{X_7 - \bar{X}_7}{SX_7} \right) \right) \dots\dots\dots (4)$ <p>Ilustrasi :</p> <pre> graph LR     A[Perubahan lingkup pekerjaan] --&gt; D[Harga Sewa Alat]     B[Kondisi tidak terduga] --&gt; D     C[Keterlambatan schedule proyek] --&gt; D     E[Tingkat inflasi] --&gt; D     F[Persyaratan daerah setempat] --&gt; D           </pre>

No	Variabel Terikat	Variabel Prediktor (Faktor yang mempengaruhi)	Persamaan Regresi Linier Berganda
5.	X <sub>1</sub> : Perubahan / penambahan lingkup pekerjaan	<p><math>\bar{X}_1</math> : Perubahan spesifikasi material</p> <p><math>\bar{X}_1</math> : nilai rata-rata data perubahan spesifikasi material</p> <p>SB<sub>1</sub>: Standar deviasi data perubahan spesifikasi material</p> <p><math>\bar{X}_2</math> : Percepatan pekerjaan</p> <p><math>\bar{X}_2</math> : nilai rata-rata data percepatan pekerjaan</p> <p>SB<sub>2</sub>: Standar deviasi data percepatan pekerjaan</p> <p><math>\bar{X}_3</math> : Perubahan desain</p> <p><math>\bar{X}_3</math> : nilai rata-rata data perubahan desain</p> <p>SB<sub>3</sub>: Standar deviasi data perubahan desain</p>	$X_1 = 0.6685 + 0.0084 \left( 0.691 \left( \frac{\bar{X}_1 - \bar{B}_1}{SB_1} \right) + 0.195 \left( \frac{\bar{X}_2 - \bar{B}_2}{SB_2} \right) + 0.696 \left( \frac{\bar{X}_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) \right) + 0.0073 \left( 0.162 \left( \frac{\bar{X}_1 - \bar{B}_1}{SB_1} \right) - 0.981 \left( \frac{\bar{X}_2 - \bar{B}_2}{SB_2} \right) + 0.110 \left( \frac{\bar{X}_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) \right) \dots \dots \dots (5)$ <p>Ilustrasi :</p> <pre> graph LR     A[Perubahan spesifikasi] --&gt; D[Perubahan lingkup pekerjaan]     B[Percepatan pekerjaan] --&gt; D     C[Perubahan desain] --&gt; D   </pre>



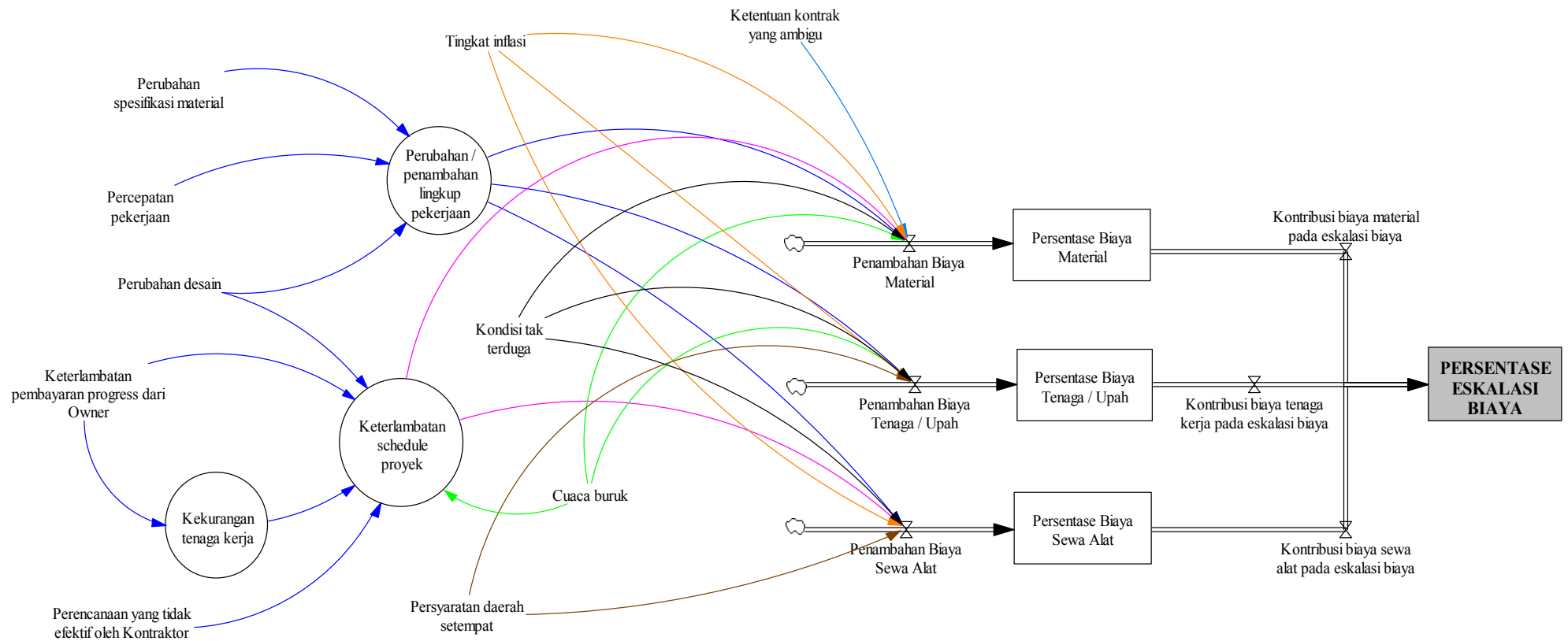
No	Variabel Terikat	Variabel Prediktor (Faktor yang mempengaruhi)	Persamaan Regresi Linier Berganda
6.	X <sub>4</sub> : Keterlambatan schedule proyek	<p>B<sub>3</sub> : Perubahan desain</p> <p>B<sub>4</sub> : Keterlambatan pembayaran progress dari owner</p> <p>B<sub>5</sub> : Kekurangan tenaga kerja</p> <p>B<sub>6</sub> : Perencanaan &amp; penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor</p> <p><math>\bar{B}_3</math> : nilai rata-rata data perubahan desain, ... dst</p> <p>SB<sub>3</sub>: Standar deviasi data perubahan desain, ... dst</p> <p><math>\bar{B}_6</math> : Cuaca buruk</p> <p><math>\bar{B}_6</math>: nilai rata-rata data cuaca buruk</p> <p>SX<sub>6</sub>: Standar deviasi data cuaca buruk</p>	$X_4 = 0.074 - 0.256 \left( 0.523 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + 0.121 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) - 0.581 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) + 0.502 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) + 0.628 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) \right) + 0.305 \left( -0.625 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + 0.601 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) + 0.368 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) - 0.097 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) + 0.321 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) \right) - 0.511 \left( 0.462 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + 0.454 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) - 0.288 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) - 0.684 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) + 0.174 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) \right) \dots\dots\dots(6)$ <p>Ilustrasi :</p> <pre> graph LR     A[Perubahan desain] --&gt; E[Keterlambatan schedule proyek]     B[Keterlambatan pembayaran progress dari owner] --&gt; E     C[Kekurangan tenaga kerja] --&gt; E     D[Perencanaan &amp; penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor] --&gt; E     F[Cuaca buruk] --&gt; E </pre>

No	Variabel Terikat	Variabel Prediktor (Faktor yang mempengaruhi)	Persamaan Regresi Linier Berganda
7.	B <sub>5</sub> : Kekurangan tenaga kerja	<p>B<sub>4</sub> : Keterlambatan pembayaran progress dari owner</p> <p><math>\bar{x}_4</math> : nilai rata-rata data keterlambatan pembayaran progress dari owner</p> <p>SB<sub>4</sub>: Standar deviasi data keterlambatan pembayaran progress dari owner</p>	<p><math>B_5 = 0.142 - 0.118 (x_4 - \bar{x}_4) \dots\dots\dots (7)</math></p> <p>Ilustrasi :</p> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Keterlambatan pembayaran progress dari owner</div> <span style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">→</span> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Kekurangan tenaga kerja</div> </div>

Persamaan regresi linier berganda yang diperoleh masih memiliki keterbatasan karena tidak dapat melihat perilaku dari setiap variabel. Oleh karena itu diperlukan pemodelan lebih lanjut menggunakan *system dynamic*. Pada penelitian ini menggunakan *Software Vensim* untuk dapat disimulasikan guna melihat keterkaitan faktor-faktor yang saling berpengaruh terhadap tren eskalasi biaya. Simulasi ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat perilaku model sistem yang telah dibuat, dengan cara memasukkan nilai-nilai pada konstanta dan tabel fungsi sesuai dengan kondisi yang terdapat pada sistem nyata. Hasil simulasi tersebut kemudian digunakan untuk memahami perilaku, gejala atau proses serta mengetahui kecenderungan/tren eskalasi biaya proyek *multi years* di masa mendatang.

#### **4.3. Formulasi Model Dinamis**

Pada pengembangan model ini, akan dijelaskan faktor-faktor apa saja yang merupakan suatu parameter, *auxiliary*, *rate*, dan juga *level* pada pengimplemetasiannya ke dalam *Software Vensim*. Sebelumnya, faktor tingginya volume pekerjaan konstruksi pada model awal kausal loop diagram tidak direkomendasikan untuk dimasukkan dalam model. Hal tersebut sesuai dengan wawancara dengan para pakar dimana tingginya volume pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi merupakan sesuatu hal yang wajar dimana fenomena proyek-proyek swasta di Surabaya yang dikerjakan oleh PT. PP dituntut untuk selesai tepat waktu dengan banyaknya item dari berbagai paket pekerjaan dan dengan spesifikasi unik; dan guna mendekati kondisi nyata di lapangan. Adapun pemodelan dari faktor-faktor yang mempengaruhi eskalasi biaya, dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Perancangan Stock Flow Diagram

Perubahan spesifikasi material, percepatan pekerjaan, perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, dan perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor merupakan suatu parameter yang mempengaruhi perubahan / penambahan ruang lingkup pekerjaan, kekurangan tenaga kerja, dan keterlambatan *schedule* proyek sebagai *auxiliary*-nya. Selain itu untuk faktor ketentuan kontrak yang ambigu, tingkat inflasi, kondisi tak terduga, cuaca buruk, dan persyaratan daerah setempat juga merupakan suatu parameter, namun faktor tersebut secara langsung mempengaruhi *rate*. Untuk menggambarkan kondisi *riil* lapangan, diperlukan suatu parameter yang nilainya berubah-ubah setiap akan *running software Vensim*, oleh karena itu fungsi dalam parameter dimasukkan *random normal* dengan tujuan untuk memetakan interval data faktor tersebut mulai dari nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasinya. Sedangkan untuk *auxiliary*, dimasukkan suatu persamaan yang menggambarkan hubungan antar faktor antara variabel *auxiliary* dengan variabel prediktornya ( dalam hal ini parameter).

*Flow (Rate)* sendiri dalam model di atas ada tiga, yaitu penambahan biaya material, penambahan biaya tenaga / upah, dan penambahan biaya sewa alat. *Rate* merupakan satu-satunya variabel dalam model yang dapat mempengaruhi *level*. Dalam *software Vensim*, *rate* juga dimasukan suatu persamaan yang menggambarkan hubungan antara variabel *rate* sendiri dengan variabel-variabel prediktornya.

*Stock (Level)* dalam pemodelan di atas yaitu biaya material, biaya tenaga / upah, dan biaya sewa alat. *Level* menyatakan kondisi sistem pada setiap saat, dimana *level* merupakan akumulasi yang terjadi di dalam sistem dan nilainya dapat berubah dengan mengakumulasi *rate*. Dalam pemodelan di atas, hasil keluaran *level* biaya material, biaya tenaga / upah, dan biaya sewa alat menjadi masukan atau *auxiliary* untuk *rate* penambahan biaya eskalasi yang kemudian mempengaruhi *level* berikutnya yaitu eskalasi biaya.

#### **4.4. Tinjauan dan Analisis Grafis**

Model awal yang sudah terbentuk dan persamaan rumus pengaruh antar faktor sesuai dengan Gambar 4.2 di atas, kemudian digunakan dan dimasukkan untuk pembuatan model sistem dinamik dengan *software Vensim*. Model awal ini dijalankan

dengan rentang waktu tujuh tahun yang dapat dilihat besaran eskalasi biayanya di setiap tahun. Rentang waktu tujuh tahun ini dipilih untuk mendekati kondisi nyata di lapangan, dimana waktu pelaksanaan proyek konstruksi gedung *multi years* PT. PP di Surabaya umumnya berjalan lima tahun dan untuk memprediksi besaran eskalasi biaya dua tahun berikutnya. Hasil *running* pada model awal ini dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.8 Hasil *Running* Model

Tahun ke-	Hasil Simulasi Model Awal
0	0
1	1.17%
2	5.94%
3	13.40%
4	22.28%
5	34.68%
6	51.56%
7	71.14%



Gambar 4.3 Model Grafik Hasil *Running* Model Awal

Hasil *running* model awal pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.3 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun awal (ke-nol),

kesatu, kedua, sampai tahun ketujuh mengalami peningkatan. Adapun hasil maksimum terjadi pada tahun ketujuh, dimana besarnya eskalasi biaya yang terjadi sebesar 71.14% terhadap nilai kontrak awal suatu proyek.

#### 4.5. Validasi Model

Pada bagian ini, merupakan tahap untuk melakukan uji kevalidan model sistem dinamik yang sudah dibuat dan merupakan proses untuk meningkatkan kepercayaan di dalam model. Validasi model dilakukan dengan penerapan model pada *data testing*, yaitu dengan membandingkan hasil simulasi model dengan *data testing* pada data tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* yang tidak diikutsertakan dalam pengolahan data. Adapun hasil yang diperoleh dari uji validasi model dengan data testing menunjukkan bahwa model yang diusulkan secara akurat dapat memprediksi eskalasi biaya proyek dengan akurasi 91,21%.

Tabel 4.9 Validasi Model

Tahun ke-	Hasil Simulasi Model	Data Testing Eskalasi Biaya Proyek X
0	0	-
1	1.17%	-
2	5.94%	5.46%
3	13.40%	-
4	22.28%	-
5	34.68%	-
6	51.56%	-
7	71.14%	-

Data yang dibandingkan antara hasil simulasi model dengan *data testing* yaitu data yang terjadi pada tahun kedua. Setelah membandingkan kedua data tersebut, kemudian dihitung selisih antar data tersebut untuk dicari persentase selisih antara luaran model dengan data.

$$\text{Persentase perubahan} = \frac{(5.94\% - 5.46\%)}{5.46\%} = 8.79\%$$

$$\text{Tingkat akurasi prediksi model} = 100\% - 8.79\% = 91.21\%$$

#### 4.6. Skenario Pemodelan

Pada bagian ini, merupakan tahap untuk melakukan skenario pemodelan sistem dinamik yang sudah tervalidasi. Skenario yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan skenario parameter dan skenario struktur. Seperti dijelaskan pada Sub-bab 3.8, skenario parameter ini dilakukan dengan jalan mengubah nilai parameter model. Pada penelitian ini, skenario parameter bertujuan untuk melihat dampak yang paling signifikan terhadap *output* model dari faktor-faktor penyebab eskalasi biaya proyek *multi years*. Parameter yang ada pada model seperti perubahan spesifikasi material, percepatan pekerjaan, perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor, ketentuan kontrak yang ambigu, tingkat inflasi, kondisi tidak terduga, cuaca buruk, dan persyaratan daerah setempat di jalankan / *running* satu per satu dan dilihat dampaknya terhadap *output* model. Adapun sebagai contoh dari skenario parameter yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Skenario Parameter dalam Melihat Dampaknya terhadap *Output* Model

Skenario	Parameter Model	Keterangan
Skenario 1	Perubahan spesifikasi material	<b><i>dijalankan</i></b>
	Percepatan pekerjaan	tidak dijalankan
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	tidak dijalankan
Skenario 2	Perubahan spesifikasi material	tidak dijalankan
	Percepatan pekerjaan	<b><i>dijalankan</i></b>
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan



Skenario	Parameter Model	Keterangan
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	tidak dijalankan
... dst sampai skenario 10		
Skenario 10	Perubahan spesifikasi material	tidak dijalankan
	Percepatan pekerjaan	tidak dijalankan
	Perubahan desain	tidak dijalankan
	Keterlambatan pembayaran <i>progress</i> dari <i>owner</i>	tidak dijalankan
	Perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor	tidak dijalankan
	Ketentuan kontrak yang ambigu	tidak dijalankan
	Tingkat inflasi	tidak dijalankan
	Kondisi tidak terduga	tidak dijalankan
	Cuaca buruk	tidak dijalankan
	Persyaratan daerah setempat	<b>dijalankan</b>

Skenario yang sudah terbentuk kemudian disimulasikan dan dianalisis menggunakan *software Vensim* untuk dilihat dampaknya terhadap *output* model selama tujuh tahun ke depan. Dilihat dari hasil simulasi, terdapat tiga parameter yang berpengaruh signifikan terhadap besaran eskalasi biaya proyek *multi years*. Adapun hasil simulasi pada model dapat dilihat pada Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.11 Hasil Skenario Parameter dalam Melihat Dampaknya terhadap *Output* Model

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil simulasi parameter kondisi tidak terduga	Hasil simulasi parameter tingkat inflasi	Hasil simulasi parameter cuaca buruk
0	0	0	0	0
1	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%
2	5.94%	4.05%	2.27%	2.18%
3	13.40%	9.82%	3.40%	3.16%
4	22.28%	18.18%	4.54%	4.09%
5	34.68%	30.14%	5.77%	5.07%
6	51.56%	43.12%	6.88%	5.82%
7	71.14%	59.69%	8.08%	6.61%

Hasil dari skenario parameter menunjukkan, bahwa parameter kondisi tidak terduga memberikan dampak yang paling signifikan terhadap besaran eskalasi biaya proyek

*multi years* yaitu sebesar 59,69% dan diikuti parameter tingkat inflasi sebesar 8,078% serta cuaca buruk sebesar 6,613%.

Skenario kedua yang dilakukan yaitu dengan skenario struktur, di mana pada model awal dimasukkan faktor-faktor tambahan yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years*. Faktor-faktor tersebut diperoleh dari beberapa literatur yang membahas tentang upaya-upaya untuk menurunkan eskalasi biaya. Adapun faktor-faktor yang dimasukkan ke dalam model yaitu pendetailan *schedule* proyek, mitigasi risiko, keterlibatan awal kontraktor dalam pengembangan desain, dan keterlibatan pakar / *expert* dalam proyek. Faktor-faktor tersebut dimasukkan dan dikombinasikan sedemikian rupa ke dalam model awal yang sudah divalidasi dalam *Vensim* mulai dari memasukkan satu per satu faktor yang ada, mengkombinasikan dua faktor, mengkombinasikan tiga faktor, dan yang terakhir empat faktor dimasukkan bersamaan sehingga didapatkan hasil yang optimal dalam upaya meminimalisir besaran eskalasi biaya proyek *multi years*. Adapun kombinasi skenario yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Skenario-skenario Struktur dalam Meminimalkan Besaran Eskalasi Biaya Proyek *Multi Years*

Skenario	Faktor Tambahan	Keterangan
Skenario 1	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
Skenario 2	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
Skenario 3	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
Skenario 4	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 5	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
Skenario 6	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
Skenario 7	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 8	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
Skenario 9	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 10	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 11	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan

Skenario	Faktor Tambahan	Keterangan
	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
Skenario 12	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 13	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 14	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan
Skenario 15	Keterlibatan awal kontraktor	ditambahkan
	Keterlibatan <i>expert</i>	ditambahkan
	Mitigasi risiko proyek	ditambahkan
	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	ditambahkan

Data penelitian untuk faktor-faktor di atas diperoleh berdasarkan hasil wawancara dari para pakar/*expert* (*project manager, construction manager / site operational manager, dan site engineering manager*) pada setiap proyek mengenai fakta/pengalaman proyek terdahulu, berupa persentase kejadian faktor tersebut dalam meminimalkan variabel terikatnya terhadap jumlah proyek yang sudah dikerjakan PT. PP (Persero) Tbk. Adapun data-data tersebut disajikan pada Tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4.13 Data Faktor-faktor yang dapat Meminimalkan Besaran Eskalasi Biaya Proyek *Multi Years*

No.	Nama Proyek	Tahun Pelaksanaan	Pendetailan <i>schedule</i> proyek	Mitigasi risiko proyek	Keterlibatan awal kontraktor dalam pengembangan desain	Keterlibatan <i>expert</i> dalam proyek
1	2	3	4	5	6	7
1	Proyek A	2010 - 2011	66.57%	54.17%	22.49%	58.89%
2	Proyek B	2011 - 2013	66.40%	68.69%	26.11%	45.91%
3	Proyek C	2012 - 2015	69.55%	71.08%	19.76%	48.15%
4	Proyek D	2013 - 2015	81.35%	77.51%	13.26%	61.31%
5	Proyek E	2014 - 2016	77.66%	83.44%	21.11%	46.67%
6	Proyek F	2015 - 2016	73.41%	80.05%	12.73%	51.52%

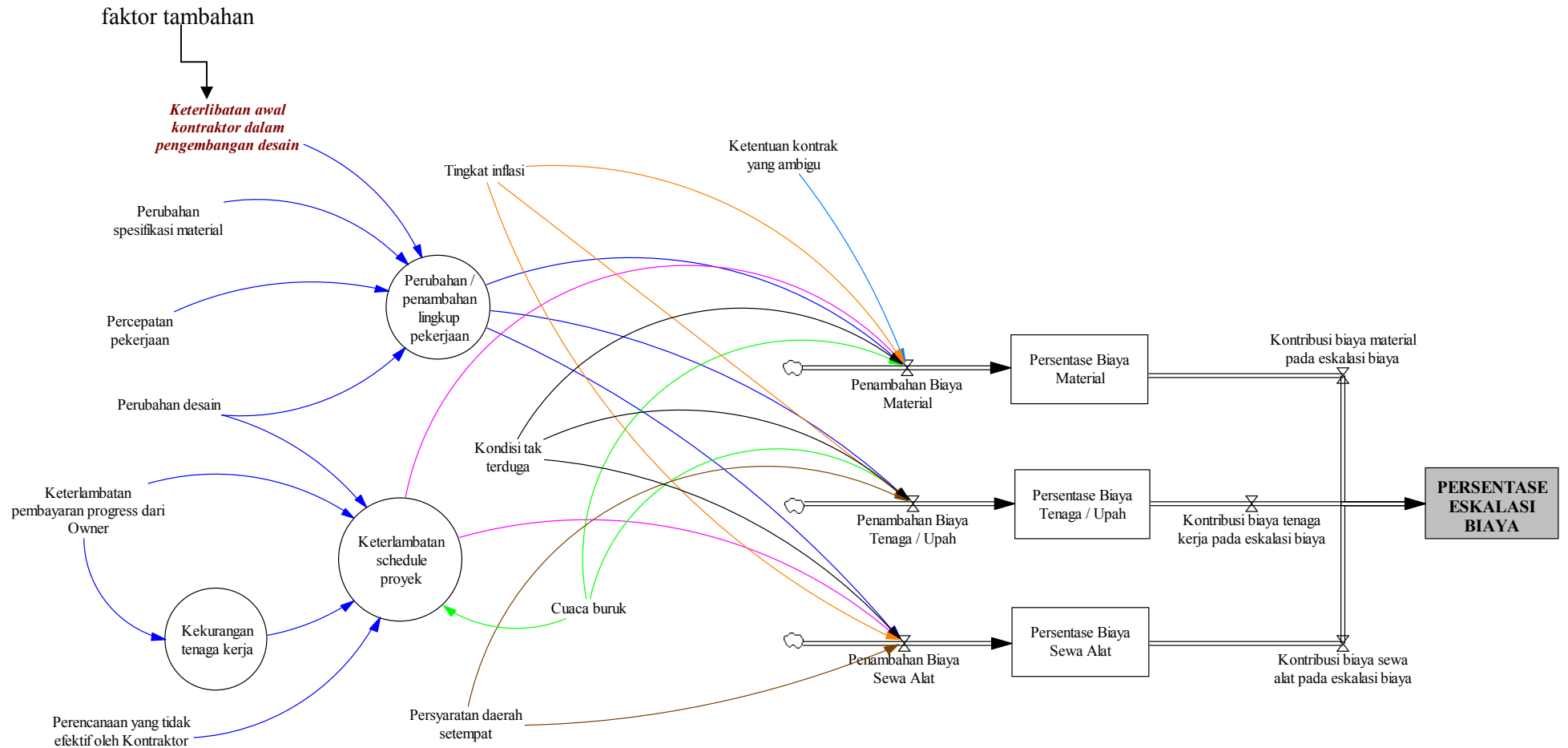
Sama seperti sebelumnya, data yang sudah dikumpulkan kemudian diolah untuk mendapatkan persamaan rumus pengaruh antar faktor dimana hubungan faktor yang dapat meminimalkan besaran eskalasi terhadap faktor-faktor pada model awal (variabel terikatnya) sesuai dengan literatur yang didapat dan divalidasi oleh para pakar / *expert* untuk mendekati kondisi nyata di lapangan. Persamaan rumus ini nantinya digunakan untuk menjalankan model awal yang sudah tervalidasi dengan *software Vensim*. Perumusan juga didapat dari penerapan teknik pengolahan data statistik yakni Regresi Linier Berganda dengan pendekatan *Principal Component Analysis* (PCA).

Pada pembahasan ini akan diuraikan 15 skenario yang memiliki tujuan umum, yaitu menurunkan eskalasi biaya proyek *multi years*. Lebih lanjut, detail dari pengembangan dan tujuan skenario dapat dijelaskan sebagai berikut;

1. Skenario 1: skenario pengembangan struktur dengan penambahan satu faktor keterlibatan awal kontraktor sebagai suatu parameter pada faktor perubahan/penambahan lingkup pekerjaan.

Tujuan: mereduksi persentase perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan pada proyek konstruksi.

Gambar skenario:



Gambar 4.4 Stock Flow Diagram untuk Skenario 1

Cara: data pada Tabel 4.13 kolom 6 diolah bersama dengan data pada faktor perubahan spesifikasi material, percepatan pekerjaan, dan perubahan desain dalam mendapatkan persamaan rumus pengaruh terhadap faktor perubahan/penambahan lingkup pekerjaan. Perumusan didapat dari penerapan teknik pengolahan data statistik yakni Regresi Linier Berganda dengan pendekatan *Principal Component Analysis* (PCA). Adapun persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat ditampilkan pada persamaan 8 di bawah ini.

$$X_1 = 0.0685 + 0.0154 \left( 0.626 \left( \frac{B_1 - \bar{B}_1}{SB_1} \right) - 0.111 \left( \frac{B_2 - \bar{B}_2}{SB_2} \right) + 0.565 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) - 0.526 \left( \frac{Z_1 - \bar{Z}_1}{SZ_1} \right) \right) - 0.0092 \left( 0.217 \left( \frac{B_1 - \bar{B}_1}{SB_1} \right) + 0.803 \left( \frac{B_2 - \bar{B}_2}{SB_2} \right) + 0.331 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + 0.446 \left( \frac{Z_1 - \bar{Z}_1}{SZ_1} \right) \right) + 0.0329 \left( -0.205 \left( \frac{B_1 - \bar{B}_1}{SB_1} \right) - 0.508 \left( \frac{B_2 - \bar{B}_2}{SB_2} \right) + 0.635 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + 0.544 \left( \frac{Z_1 - \bar{Z}_1}{SZ_1} \right) \right) \dots\dots\dots (8)$$

Dimana,

$X_1$  = Perubahan/penambahan lingkup pekerjaan

$B_1$  = Perubahan spesifikasi material

$B_2$  = Percepatan pekerjaan

$B_3$  = Perubahan desain

$\bar{B}_1$  = Nilai rata-rata data perubahan spesifikasi material

$\bar{B}_2$  = Nilai rata-rata data percepatan pekerjaan

$\bar{B}_3$  = Nilai rata-rata data perubahan desain

$SB_1$  = Standar deviasi data perubahan spesifikasi material

$SB_2$  = Standar deviasi data percepatan pekerjaan

$SB_3$  = Standar deviasi data perubahan desain

$Z_1$  = Keterlibatan awal kontraktor dalam desain

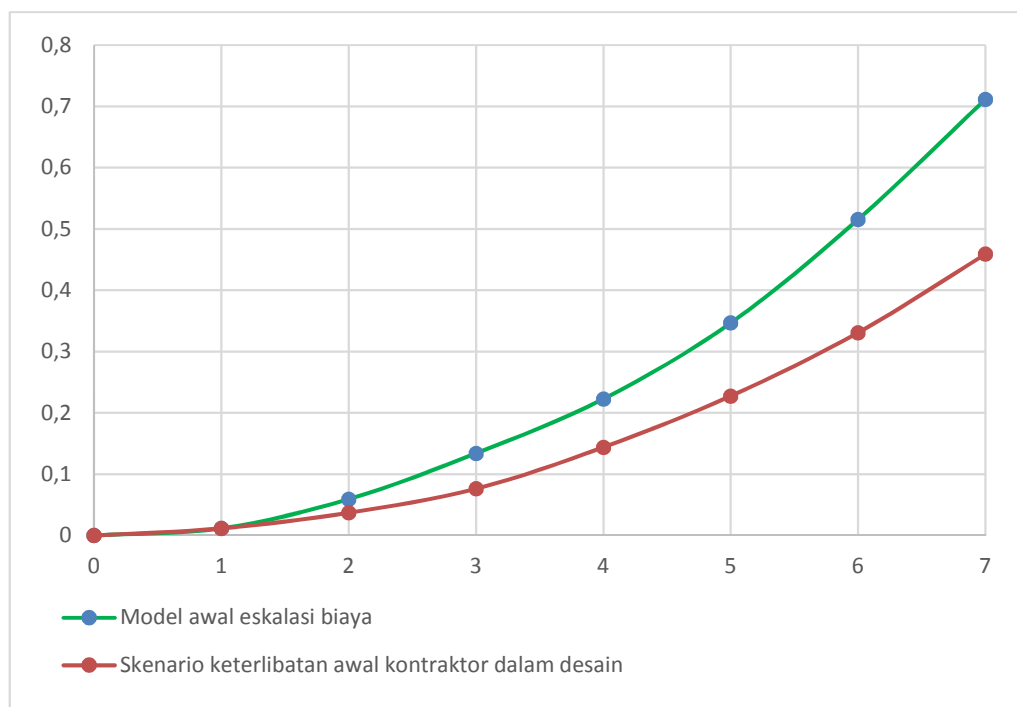
$\bar{Z}_1$  = Nilai rata-rata data keterlibatan awal kontraktor dalam desain

$SZ_1$  = Standar deviasi data keterlibatan awal kontraktor dalam desain

Hasil:

Tabel 4.14 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 1 Keterlibatan awal kontraktor
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	3.72%
3	13.40%	7.63%
4	22.28%	14.39%
5	34.68%	22.76%
6	51.56%	33.09%
7	71.14%	45.90%



Gambar 4.5 Model Grafik Hubungan Skenario 1 (Keterlibatan Awal Kontraktor) terhadap Model Awal

Hasil simulasi skenario 1 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Skenario

pengembangan struktur dengan penambahan satu faktor keterlibatan awal kontraktor sebagai suatu parameter pada faktor perubahan/penambahan lingkup pekerjaan seperti pada skenario 1 di atas dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 35.48% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 1, kemudian dicari persentase selisihnya.

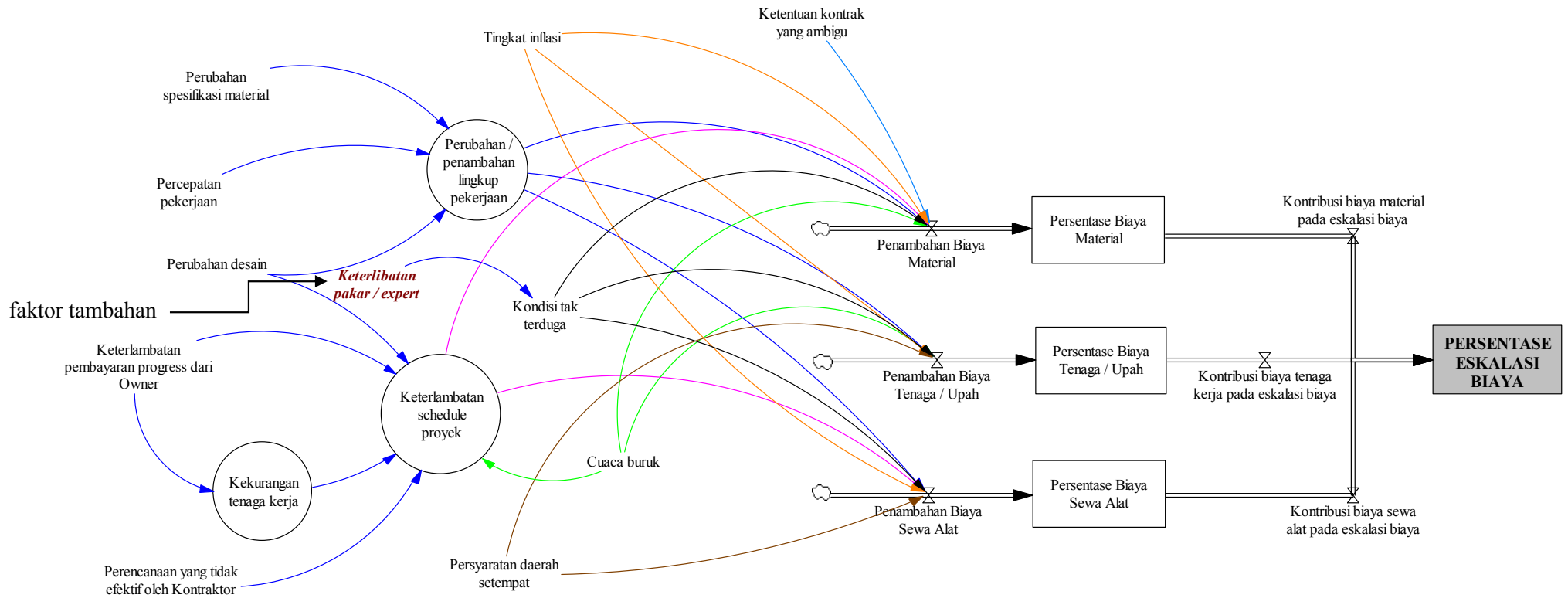
$$\text{Persentase perubahan skenario 1} = \frac{(71.14\% - 45.90\%)}{71.14\%} = 35.48\%$$

2. Skenario 2: skenario pengembangan struktur dengan penambahan faktor keterlibatan pakar/*expert* sebagai suatu parameter pada faktor kondisi tidak terduga.

Tujuan: mereduksi persentase kondisi tidak terduga pada proyek konstruksi.



Gambar skenario:



Gambar 4.6 Stock Flow Diagram untuk Skenario 2

Cara: data pada Tabel 4.13 kolom 7 diolah dalam mendapatkan persamaan rumus pengaruh terhadap faktor kondisi tidak terduga. Perumusan didapat dari penerapan teknik pengolahan data statistik yakni Regresi Linier. Adapun persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat ditampilkan pada persamaan 9 di bawah ini.

$$X_3 = 0.061 - 0.0881 (Z_2) \dots\dots\dots (9)$$

Dimana,

$X_3$  = Kondisi tidak terduga

$Z_2$  = Keterlibatan pakar/*expert*

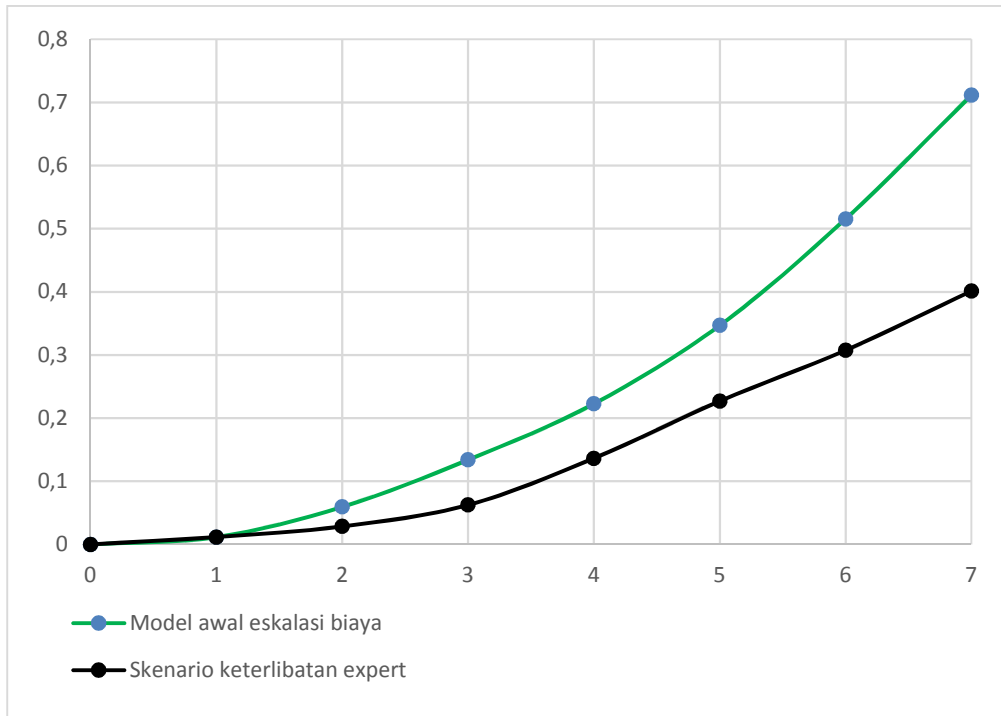
$\bar{Z}_2$  = Nilai rata-rata data keterlibatan pakar/*expert*

$SZ_2$  = Standar deviasi data keterlibatan pakar/*expert*

Hasil:

Tabel 4.15 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Pakar/*Expert* terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 2 Keterlibatan pakar/ <i>expert</i>
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	2.86%
3	13.40%	6.26%
4	22.28%	13.64%
5	34.68%	22.70%
6	51.56%	30.75%
7	71.14%	40.13%



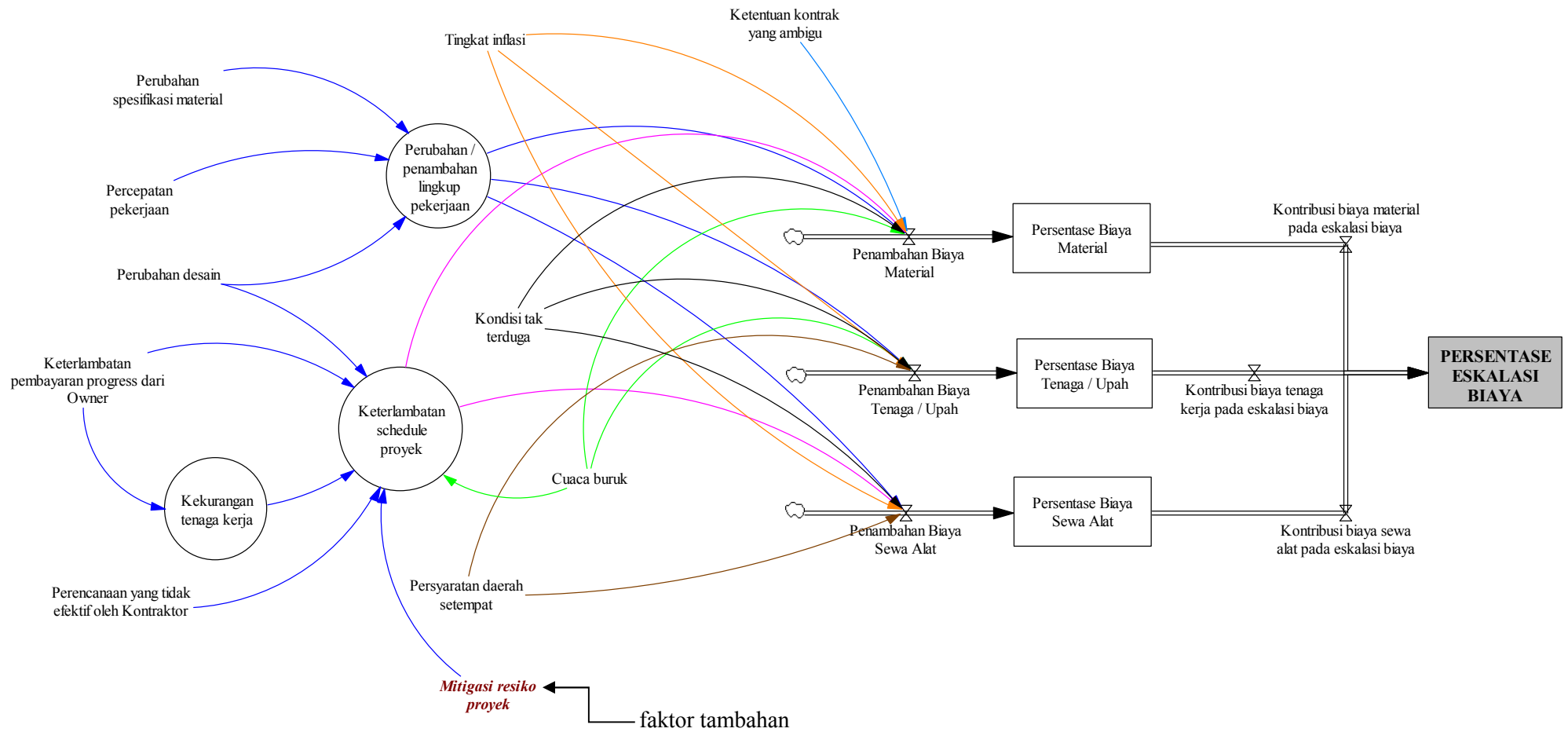
Gambar 4.7 Model Grafik Hubungan Skenario 2 (Keterlibatan Pakar/*expert*) terhadap Model Awal

Hasil simulasi skenario 2 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Skenario pengembangan struktur dengan penambahan faktor keterlibatan pakar/*expert* sebagai suatu parameter pada faktor kondisi tidak terduga seperti pada skenario 2 di atas dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 43.60% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 2, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 2} = \frac{(71.14\% - 40.13\%)}{71.14\%} = 43.60\%$$

3. Skenario 3: skenario pengembangan struktur dengan penambahan faktor mitigasi risiko proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek. Tujuan: mereduksi persentase terjadinya keterlambatan *schedule* proyek konstruksi.

Gambar skenario:



Gambar 4.8 Stock Flow Diagram untuk Skenario 3

Cara: data pada Tabel 4.13 kolom 5 diolah bersama dengan data pada faktor perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, kekurangan tenaga kerja, perencanaan dan penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor, dan cuaca buruk dalam mendapatkan persamaan rumus pengaruh terhadap faktor keterlambatan *schedule* proyek. Perumusan didapat dari penerapan teknik pengolahan data statistik yakni Regresi Linier Berganda dengan pendekatan *Principal Component Analysis* (PCA). Adapun persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat ditampilkan pada persamaan 10 di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 X_4 = & 0.8741 + 0.241 \left( -0.478 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + 0.490 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) + 0.356 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) - \right. \\
 & 0.167 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) + 0.171 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) - 0.590 \left( \frac{Z_3 - \bar{Z}_3}{SZ_3} \right) \left. \right) - 0.206 \left( -0.076 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + \right. \\
 & 0.218 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) - 0.516 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) + 0.480 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) + 0.671 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) + \\
 & 0.010 \left( \frac{Z_3 - \bar{Z}_3}{SZ_3} \right) \left. \right) - 0.553 \left( 0.336 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + 0.385 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) - 0.338 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) - \right. \\
 & \left. 0.649 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) + 0.138 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) + 0.095 \left( \frac{Z_3 - \bar{Z}_3}{SZ_3} \right) \right) \dots\dots\dots (10)
 \end{aligned}$$

Dimana,

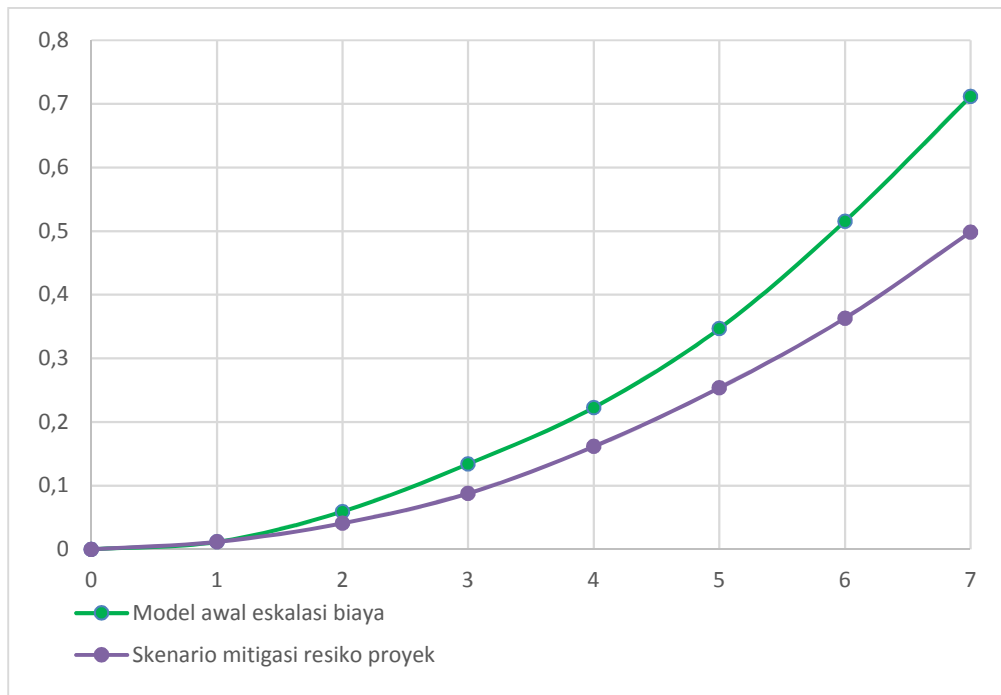
- $X_4$  = Keterlambatan schedule proyek
- $B_3$  = Perubahan desain
- $B_4$  = Keterlambatan pembayaran progress dari owner
- $B_5$  = Kekurangan tenaga kerja
- $B_6$  = Perencanaan & penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor
- $\bar{B}_3$  = Nilai rata-rata data perubahan desain
- $\bar{B}_4$  = Nilai rata-rata data keterlambatan pembayaran progress dari owner
- $\bar{B}_5$  = Nilai rata-rata data kekurangan tenaga kerja
- $\bar{B}_6$  = Nilai rata-rata data perencanaan & penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor
- $SB_3$  = Standar deviasi data perubahan desain
- $SB_4$  = Standar deviasi data keterlambatan pembayaran progress dari owner
- $SB_5$  = Standar deviasi data kekurangan tenaga kerja
- $SB_6$  = Standar deviasi data perencanaan & penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor

- $\bar{X}_6$  = Cuaca buruk
- $\bar{X}_6$  = Nilai rata-rata data cuaca buruk
- $X_6$  = Standar deviasi data cuaca buruk
- $\bar{X}_3$  = Mitigasi risiko proyek
- $\bar{X}_3$  = nilai rata-rata data mitigasi risiko proyek
- $SZ_3$  = Standar deviasi data mitigasi risiko proyek

Hasil:

Tabel 4.16 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Mitigasi Risiko Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 3 Mitigasi risiko proyek
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	4.09%
3	13.40%	8.78%
4	22.28%	16.16%
5	34.68%	25.36%
6	51.56%	36.32%
7	71.14%	49.85%



Gambar 4.9 Model Grafik Hubungan Skenario 3 (Mitigasi Risiko Proyek) terhadap Model Awal

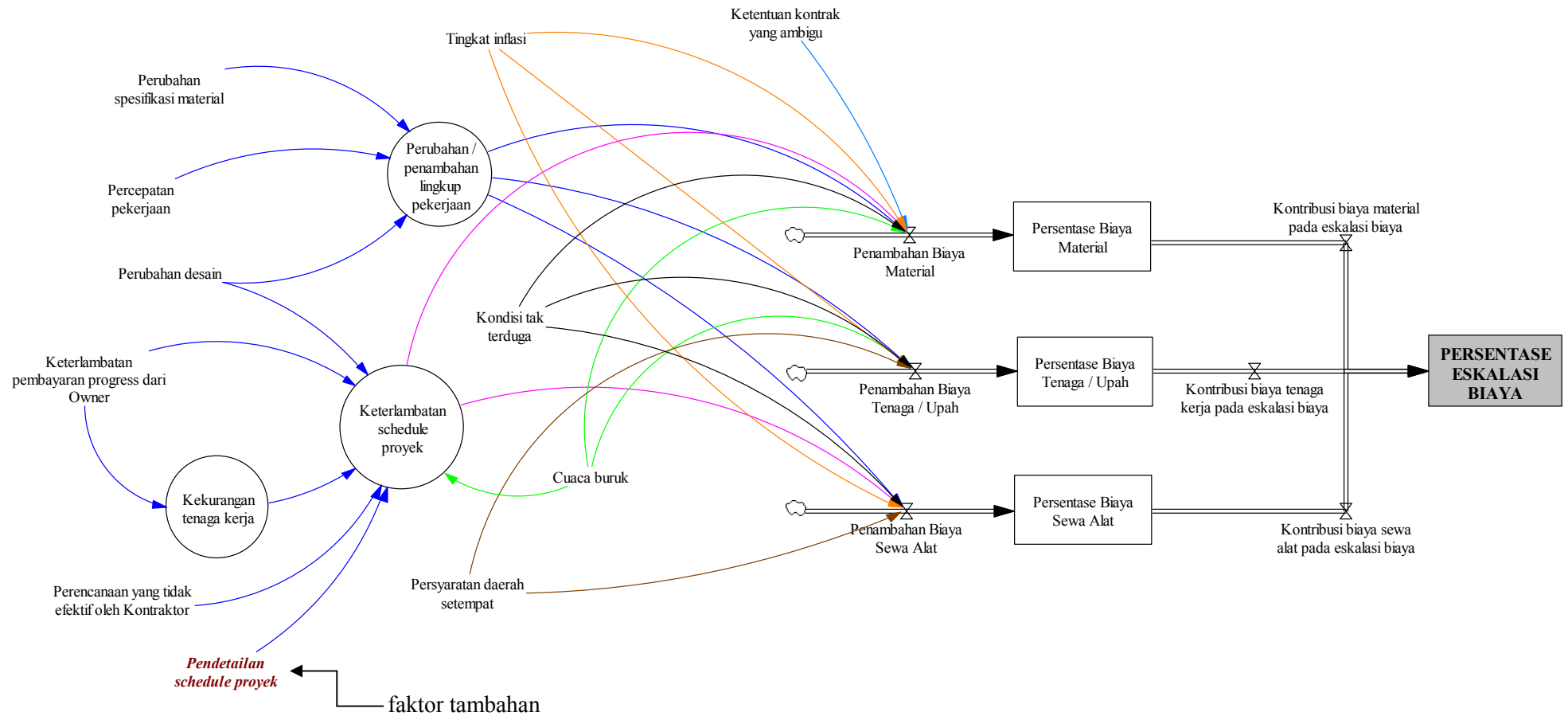
Hasil simulasi skenario 3 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Skenario pengembangan struktur dengan penambahan faktor mitigasi risiko proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek seperti pada skenario 3 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 29.93% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 3, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 3} = \frac{(71.14\% - 49.85\%)}{71.14\%} = 29.93\%$$

4. Skenario 4: skenario pengembangan struktur dengan penambahan faktor pendetailan *schedule* proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek.

Tujuan: mereduksi persentase terjadinya keterlambatan *schedule* proyek konstruksi.

Gambar skenario:



Gambar 4.10 Stock Flow Diagram untuk Skenario 4



Cara: data pada Tabel 4.13 kolom 4 diolah bersama dengan data pada faktor perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, kekurangan tenaga kerja, perencanaan dan penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor, dan cuaca buruk dalam mendapatkan persamaan rumus pengaruh terhadap faktor keterlambatan *schedule* proyek. Perumusan didapat dari penerapan teknik pengolahan data statistik yakni Regresi Linier Berganda dengan pendekatan *Principal Component Analysis* (PCA). Adapun persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat ditampilkan pada persamaan 11 di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 X_4 = & 0.874 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + 0.619 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) + 0.122 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) + \\
 & 0.047 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) + 0.390 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) - 0.569 \left( \frac{Z_4 - \bar{Z}_4}{SZ_4} \right) - 0.320 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) - \\
 & 0.042 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) - 0.653 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) + 0.545 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) + 0.524 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) + \\
 & 0.023 \left( \frac{Z_4 - \bar{Z}_4}{SZ_4} \right) - 0.507 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + 0.141 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) - 0.285 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) - \\
 & 0.441 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) - 0.133 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SX_6} \right) + 0.391 \left( \frac{Z_4 - \bar{Z}_4}{SZ_4} \right) \dots\dots\dots (11)
 \end{aligned}$$

Dimana,

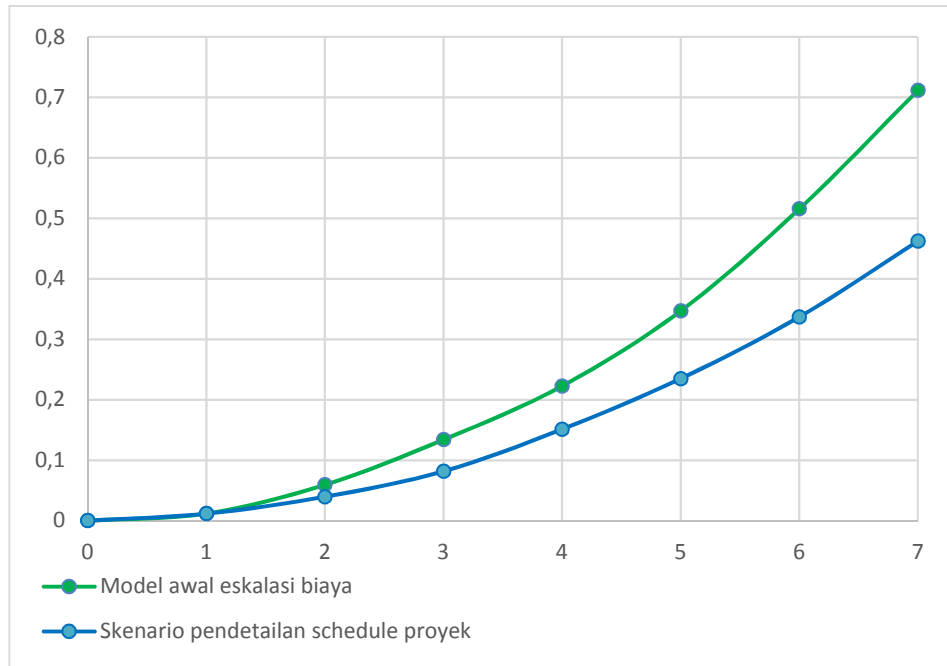
- $X_4$  = Keterlambatan schedule proyek
- $B_3$  = Perubahan desain
- $B_4$  = Keterlambatan pembayaran progress dari owner
- $B_5$  = Kekurangan tenaga kerja
- $B_6$  = Perencanaan & penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor
- $\bar{B}_3$  = Nilai rata-rata data perubahan desain
- $\bar{B}_4$  = Nilai rata-rata data keterlambatan pembayaran progress dari owner
- $\bar{B}_5$  = Nilai rata-rata data kekurangan tenaga kerja
- $\bar{B}_6$  = Nilai rata-rata data perencanaan & penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor
- $SB_3$  = Standar deviasi data perubahan desain
- $SB_4$  = Standar deviasi data keterlambatan pembayaran progress dari owner
- $SB_5$  = Standar deviasi data kekurangan tenaga kerja
- $SB_6$  = Standar deviasi data perencanaan & penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor

- $\bar{X}_6$  = Cuaca buruk  
 $\bar{X}_6$  = Nilai rata-rata data cuaca buruk  
 $X_6$  = Standar deviasi data cuaca buruk  
 $\bar{X}_4$  = Pendetailan *schedule* proyek  
 $\bar{X}_4$  = nilai rata-rata data pendetailan *schedule* proyek  
 $SZ_4$  = Standar deviasi data pendetailan *schedule* proyek

Hasil:

Tabel 4.17 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Pendetailan *Schedule* Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 4 Pendetailan <i>schedule</i> proyek
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	3.96%
3	13.40%	8.18%
4	22.28%	15.12%
5	34.68%	23.49%
6	51.56%	33.70%
7	71.14%	46.22%



Gambar 4.11 Model Grafik Hubungan Skenario 4 (Pendetailan *Schedule* Proyek) terhadap Model Awal

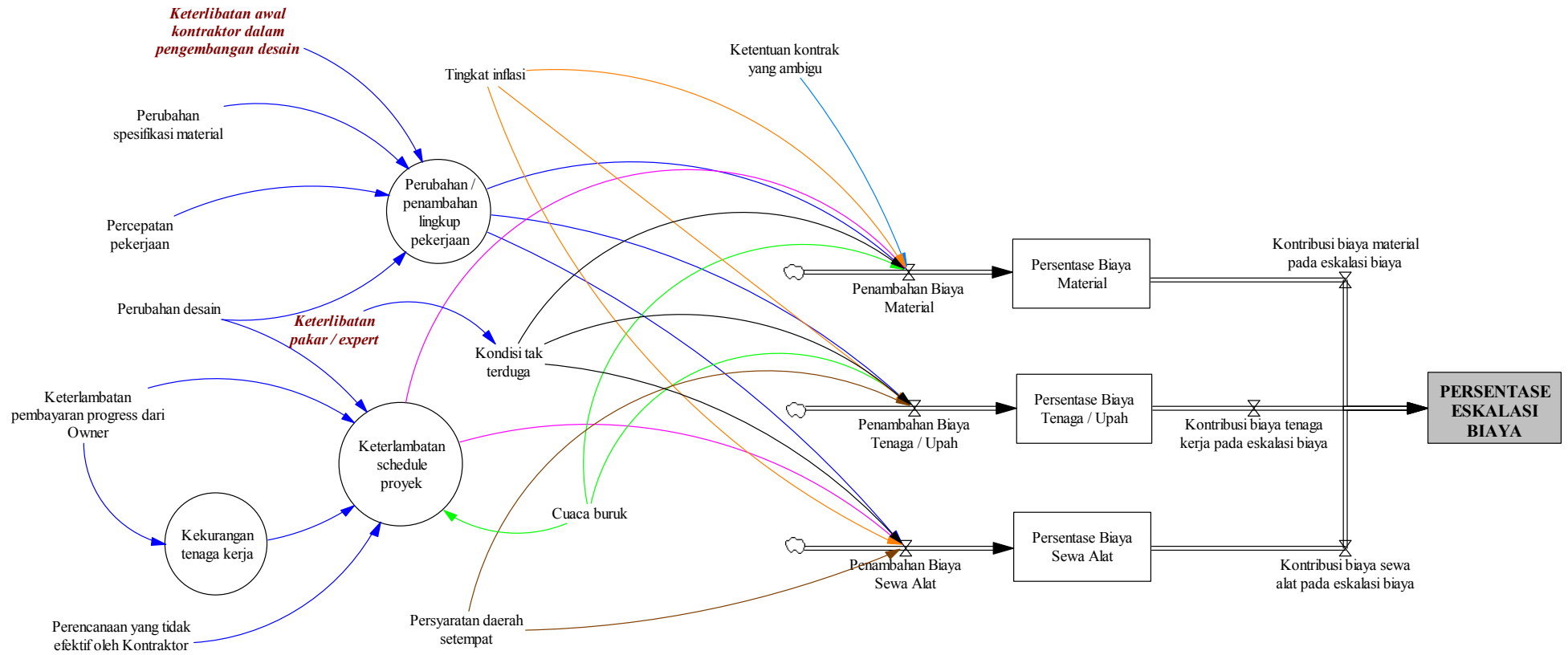
Hasil simulasi skenario 4 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Skenario pengembangan struktur dengan penambahan faktor pendetailan *schedule* proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek seperti pada skenario 4 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 35.03% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 4, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 4} = \frac{(71.14\% - 46.22\%)}{71.14\%} = 35.03\%$$

5. Skenario 5: skenario pengembangan struktur dengan penambahan dua faktor yaitu, keterlibatan awal kontraktor sebagai suatu parameter pada faktor perubahan/penambahan lingkup pekerjaan dan keterlibatan pakar/*expert* sebagai suatu parameter pada faktor kondisi tidak terduga.

Tujuan: mereduksi persentase perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan dan kondisi tidak terduga pada proyek konstruksi.

Gambar skenario:



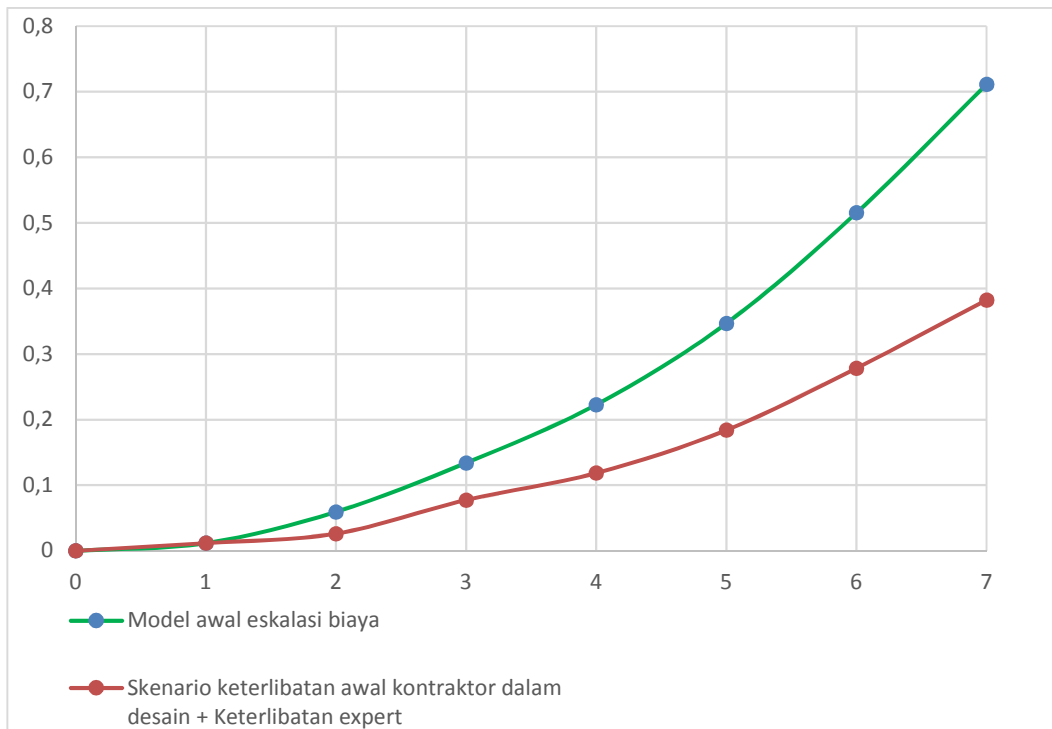
Gambar 4.12 Stock Flow Diagram untuk Skenario 5

Cara: persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat pada persamaan 8 dan 9 dimasukkan bersama ke dalam model.

Hasil:

Tabel 4.18 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor dan Keterlibatan Pakar/*Expert* terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 5 Keterlibatan awal kontraktor dan keterlibatan pakar/ <i>expert</i>
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	2.61%
3	13.40%	7.75%
4	22.28%	11.86%
5	34.68%	18.41%
6	51.56%	27.86%
7	71.14%	38.26%



Gambar 4.13 Model Grafik Hubungan Skenario 5 (Keterlibatan Awal Kontraktor dan Keterlibatan Pakar/*Expert*) terhadap Model Awal

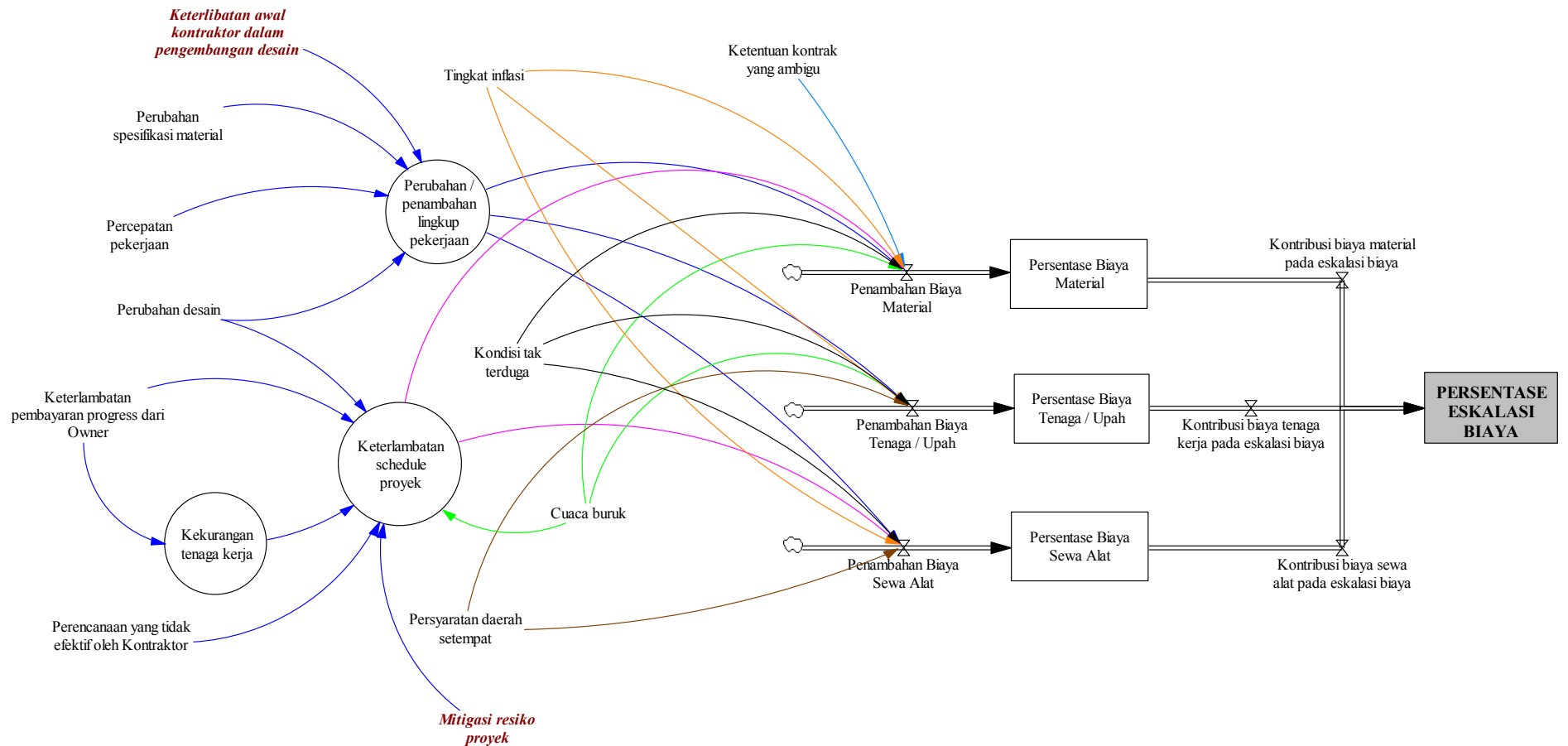
Hasil simulasi skenario 5 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Namun hasil penurunan yang diperoleh lebih kecil (lebih baik) apabila dibandingkan dengan simulasi penambahan satu faktor yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* sebelumnya. Skenario 5 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 46.23% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 5, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 5} = \frac{(71.14\% - 38.26\%)}{71.14\%} = 46.23\%$$

6. Skenario 6: skenario pengembangan struktur dengan penambahan dua faktor yaitu, keterlibatan awal kontraktor sebagai suatu parameter pada faktor perubahan/penambahan lingkup pekerjaan dan mitigasi risiko proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek.

Tujuan: mereduksi persentase perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan dan keterlambatan *schedule* proyek konstruksi.

Gambar skenario:



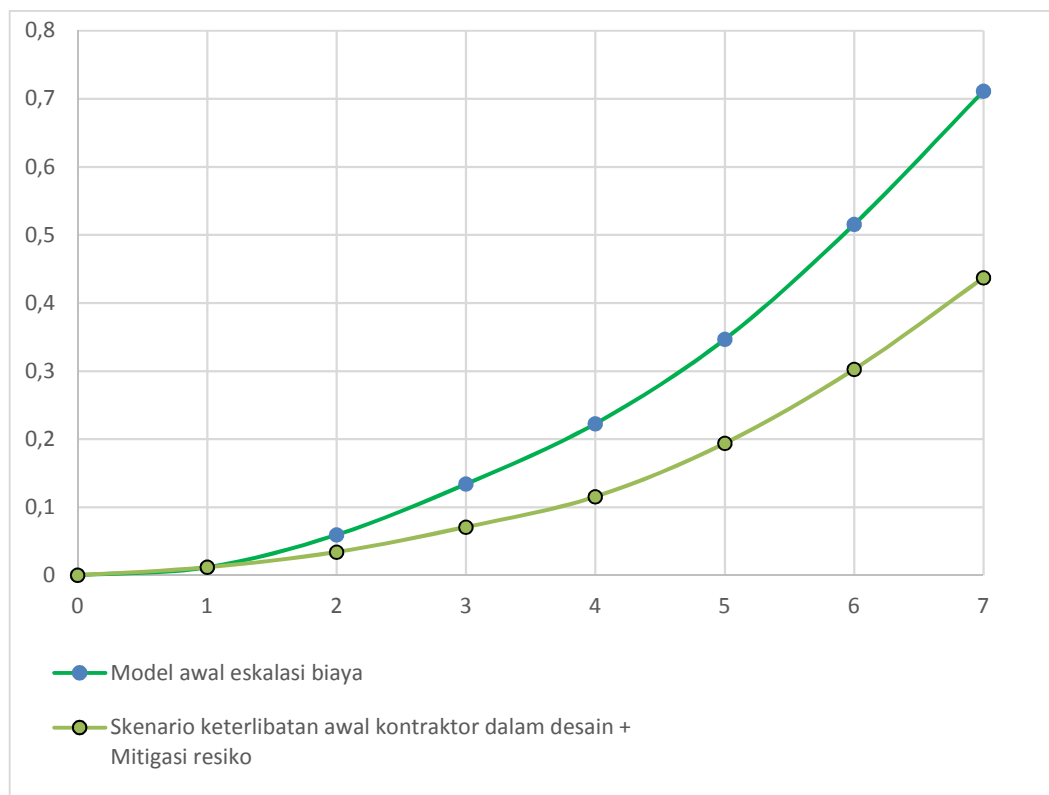
Gambar 4.14 Stock Flow Diagram untuk Skenario 6

Cara: persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat pada persamaan 8 dan 10 dimasukkan bersama ke dalam model.

Hasil:

Tabel 4.19 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor dan Mitigasi Risiko Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 6 Keterlibatan awal kontraktor + Mitigasi risiko proyek
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	3.42%
3	13.40%	7.08%
4	22.28%	11.55%
5	34.68%	19.39%
6	51.56%	30.27%
7	71.14%	43.72%



Gambar 4.15 Model Grafik Hubungan Skenario 6 (Keterlibatan Awal Kontraktor dan Mitigasi Risiko Proyek) terhadap Model Awal



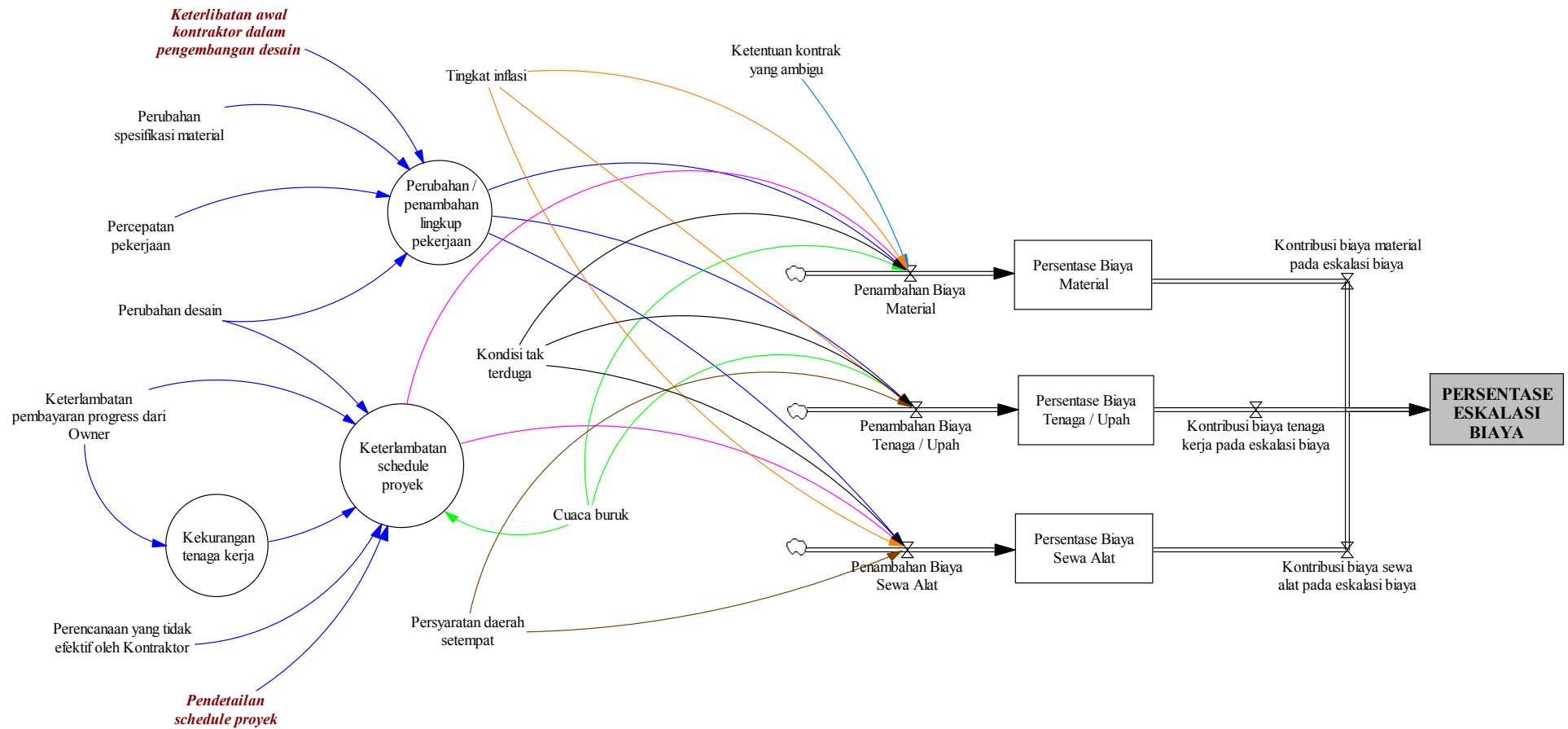
Hasil simulasi skenario 6 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Namun hasil penurunan yang diperoleh lebih kecil (lebih baik) apabila dibandingkan dengan simulasi penambahan satu faktor yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* sebelumnya. Skenario 6 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 38.55% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 6, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 6} = \frac{(71.14\% - 43.72\%)}{71.14\%} = 38.55\%$$

7. Skenario 7: skenario pengembangan struktur dengan penambahan dua faktor yaitu, keterlibatan awal kontraktor sebagai suatu parameter pada faktor perubahan/penambahan lingkup pekerjaan dan pendetailan *schedule* proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek.

Tujuan: mereduksi persentase perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan dan keterlambatan *schedule* proyek konstruksi.

Gambar skenario:



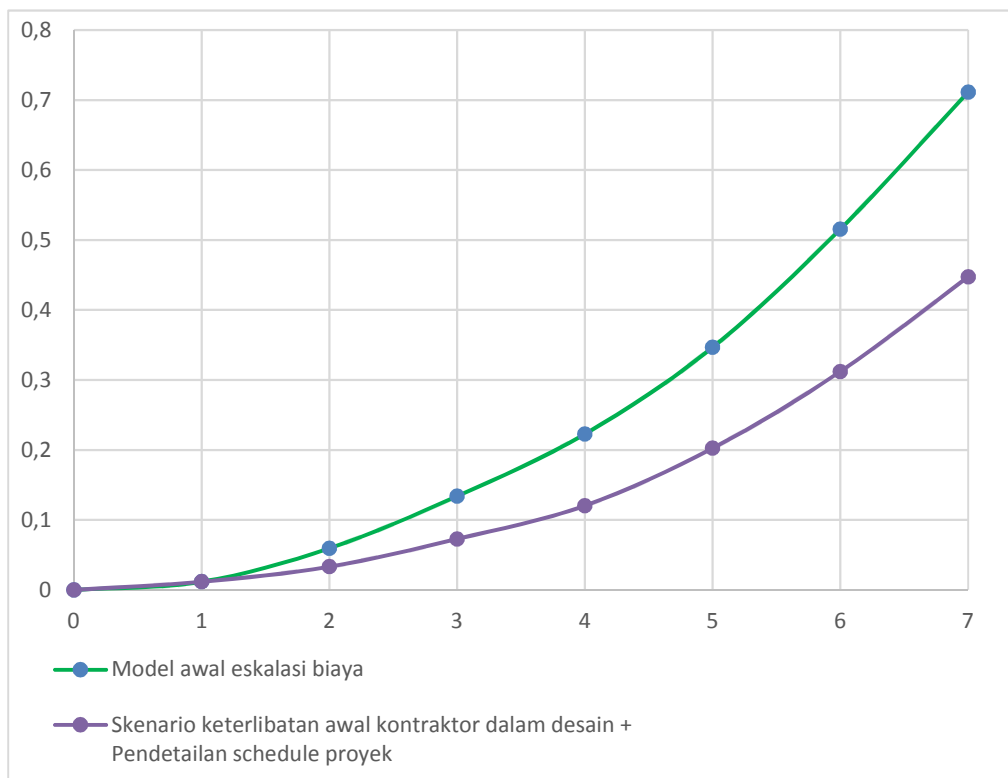
Gambar 4.16 Stock Flow Diagram untuk Skenario 7

Cara: persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat pada persamaan 8 dan 11 dimasukkan bersama ke dalam model.

Hasil:

Tabel 4.20 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor dan Pendetailan *Schedule* Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 7 Keterlibatan awal kontraktor + Pendetailan <i>schedule</i> proyek
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	3.32%
3	13.40%	7.29%
4	22.28%	12.04%
5	34.68%	20.26%
6	51.56%	31.21%
7	71.14%	44.73%



Gambar 4.17 Model Grafik Hubungan Skenario 7 (Keterlibatan Awal Kontraktor dan Pendetailan *Schedule* Proyek) terhadap Model Awal

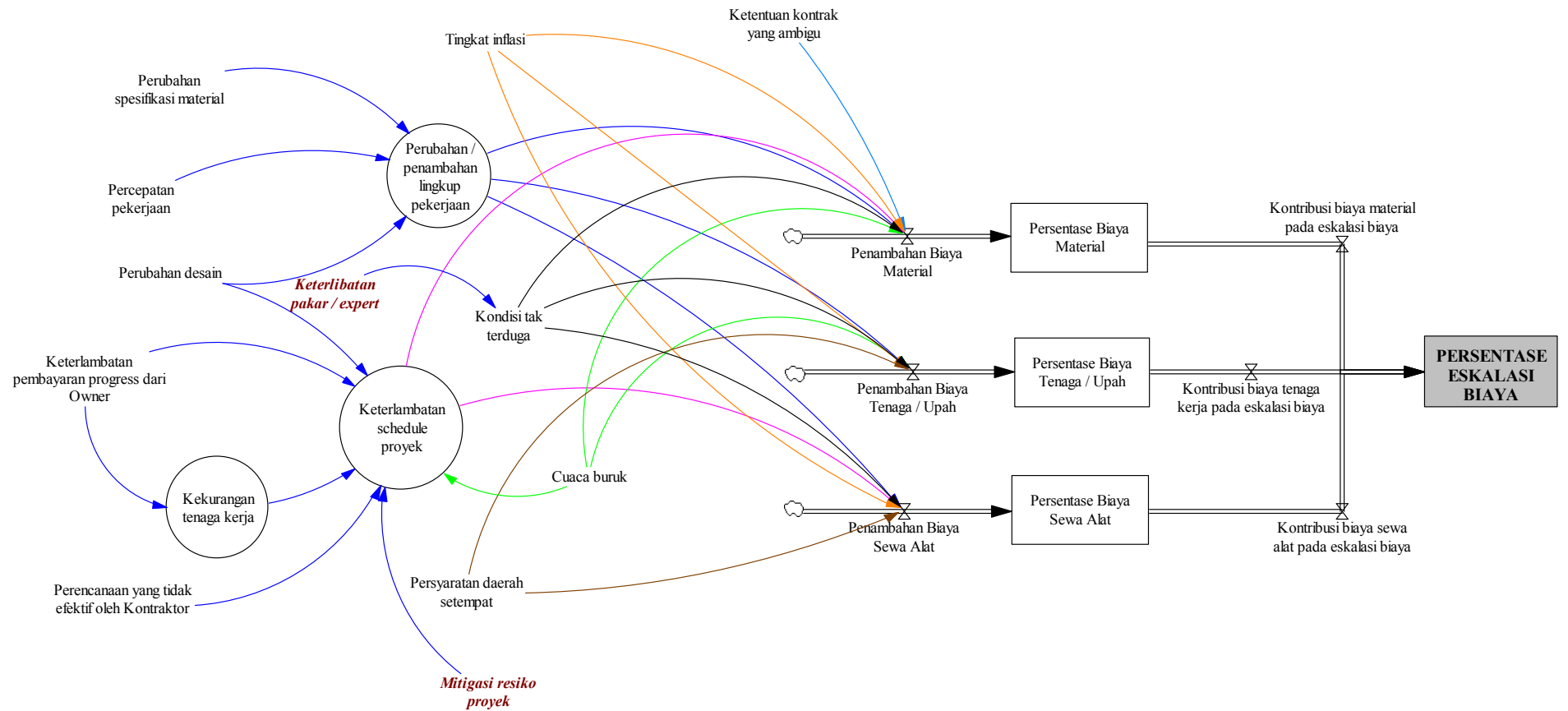
Hasil simulasi skenario 7 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Namun hasil penurunan yang diperoleh lebih kecil (lebih baik) apabila dibandingkan dengan simulasi penambahan satu faktor yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* sebelumnya. Skenario 7 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 37.12% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 7, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 7} = \frac{(71.14\% - 44.73\%)}{71.14\%} = 37.12\%$$

8. Skenario 8: skenario pengembangan struktur dengan penambahan dua faktor yaitu, keterlibatan pakar/*expert* sebagai suatu parameter pada faktor kondisi tidak terduga dan mitigasi risiko proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek.

Tujuan: mereduksi persentase kondisi tidak terduga dan keterlambatan *schedule* pada proyek konstruksi.

Gambar skenario:



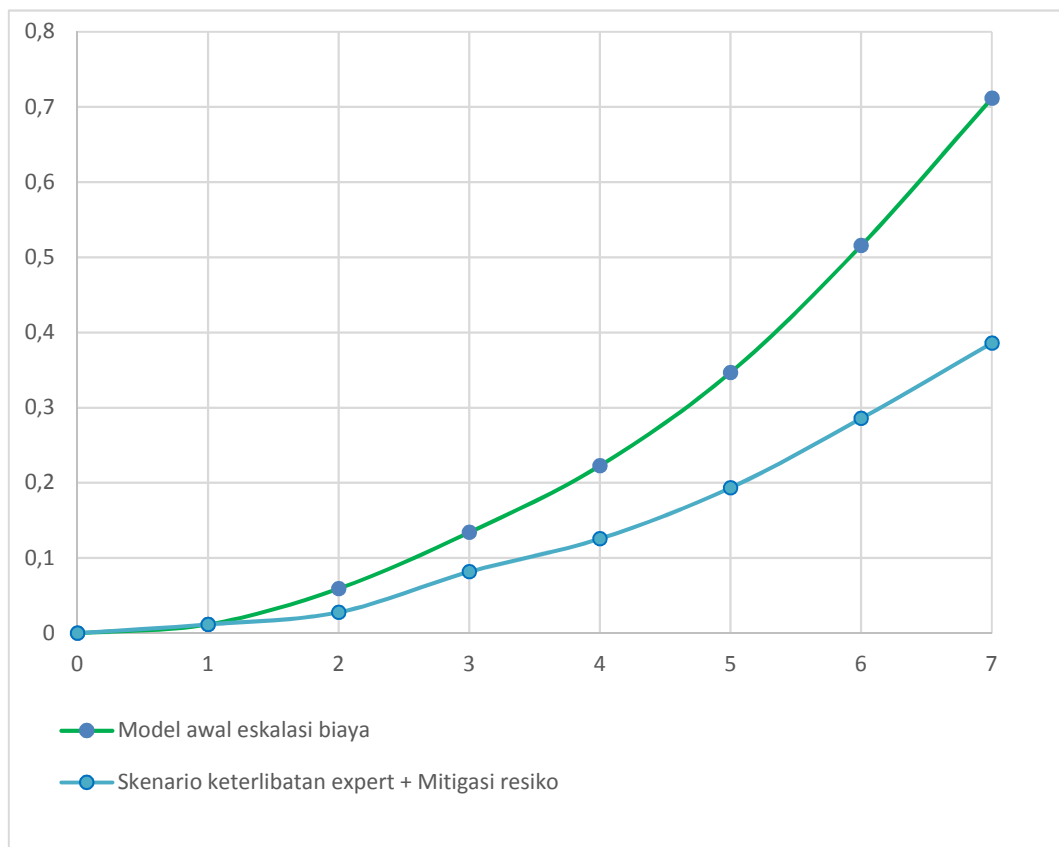
Gambar 4.18 Stock Flow Diagram untuk Skenario 8

Cara: persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat pada persamaan 9 dan 10 dimasukkan bersama ke dalam model.

Hasil:

Tabel 4.21 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Pakar/*Expert* dan Mitigasi Risiko Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 8 Keterlibatan pakar/ <i>expert</i> + Mitigasi risiko proyek
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	2.79%
3	13.40%	8.17%
4	22.28%	12.57%
5	34.68%	19.35%
6	51.56%	28.56%
7	71.14%	38.58%



Gambar 4.19 Model Grafik Hubungan Skenario 8 (Keterlibatan Pakar/*Expert* dan Mitigasi Risiko Proyek) terhadap Model Awal

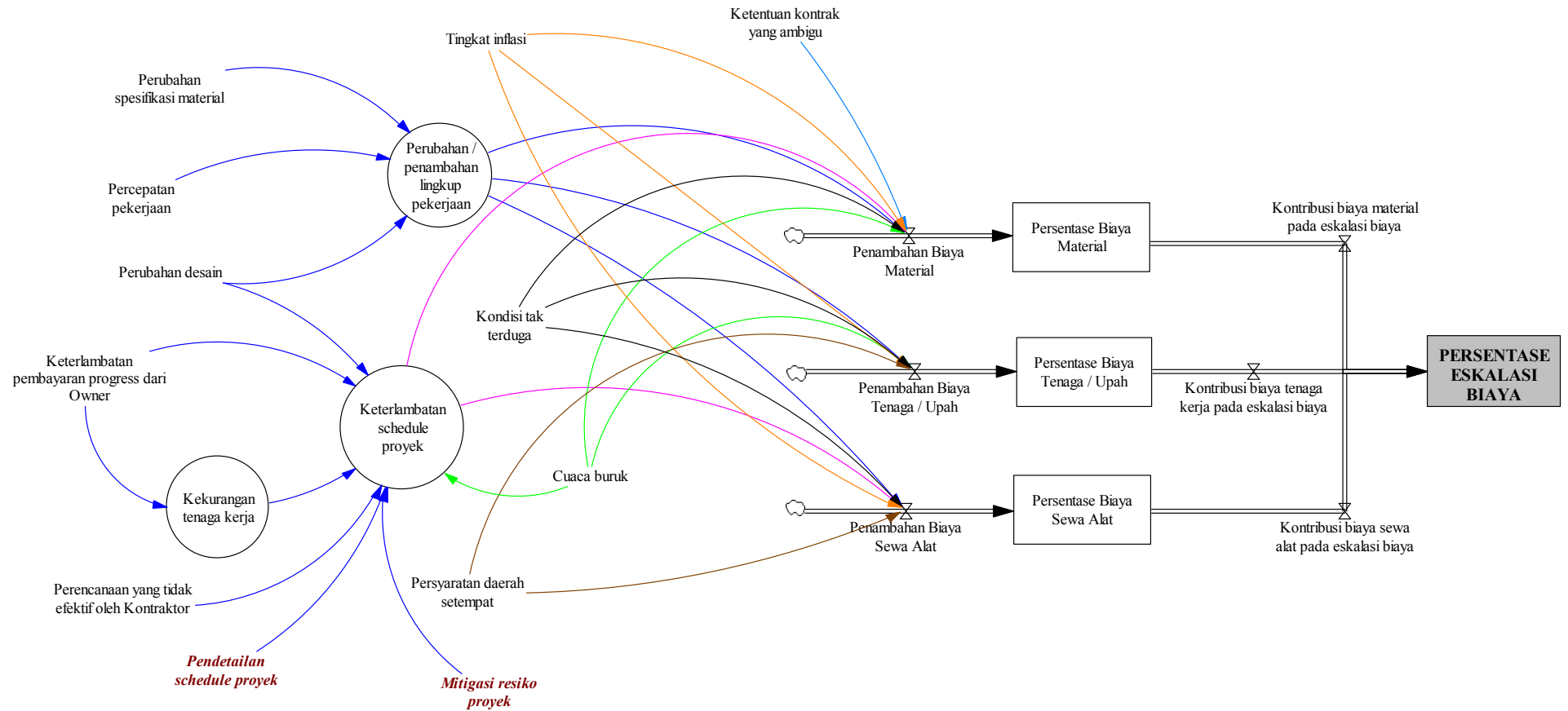
Hasil simulasi skenario 8 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Namun hasil penurunan yang diperoleh lebih kecil (lebih baik) apabila dibandingkan dengan simulasi penambahan satu faktor yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* sebelumnya. Skenario 8 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 45.78% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 8, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 8} = \frac{(71.14\% - 38.58\%)}{71.14\%} = 45.78\%$$

9. Skenario 9: skenario pengembangan struktur dengan penambahan dua faktor yaitu, mitigasi risiko proyek dan pendetailan *schedule* proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek.

Tujuan: mereduksi persentase keterlambatan *schedule* pada proyek konstruksi.

Gambar skenario:



Gambar 4.20 Stock Flow Diagram untuk Skenario 9



Cara: data pada Tabel 4.13 kolom 4 dan 5 diolah bersama dengan data pada faktor perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, kekurangan tenaga kerja, perencanaan dan penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor, dan cuaca buruk dalam mendapatkan persamaan rumus pengaruh terhadap faktor keterlambatan *schedule* proyek. Perumusan didapat dari penerapan teknik pengolahan data statistik yakni Regresi Linier Berganda dengan pendekatan *Principal Component Analysis* (PCA). Adapun persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat ditampilkan pada persamaan 12 di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 X_4 = & 0.8741 + 0.136 \left( -0.354 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + 0.509 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) + 0.231 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) - \right. \\
 & 0.126 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) + 0.225 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SB_6} \right) - 0.330 \left( \frac{Z_3 - \bar{Z}_3}{SZ_3} \right) - 0.163 \left( \frac{Z_4 - \bar{Z}_4}{SZ_4} \right) + \\
 & 0.286 \left( -0.79 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) - 0.14 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) + 0.509 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) - 0.470 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) - \right. \\
 & 0.610 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SB_6} \right) + 0.106 \left( \frac{Z_3 - \bar{Z}_3}{SZ_3} \right) - 0.149 \left( \frac{Z_4 - \bar{Z}_4}{SZ_4} \right) \left. \right) - 0.474 \left( 0.636 \left( \frac{B_3 - \bar{B}_3}{SB_3} \right) + \right. \\
 & 0.213 \left( \frac{B_4 - \bar{B}_4}{SB_4} \right) - 0.236 \left( \frac{B_5 - \bar{B}_5}{SB_5} \right) - 0.466 \left( \frac{B_6 - \bar{B}_6}{SB_6} \right) - 0.128 \left( \frac{X_6 - \bar{X}_6}{SB_6} \right) - \\
 & \left. 0.080 \left( \frac{Z_3 - \bar{Z}_3}{SZ_3} \right) + 0.434 \left( \frac{Z_4 - \bar{Z}_4}{SZ_4} \right) \right) \dots\dots\dots (12)
 \end{aligned}$$

Dimana,

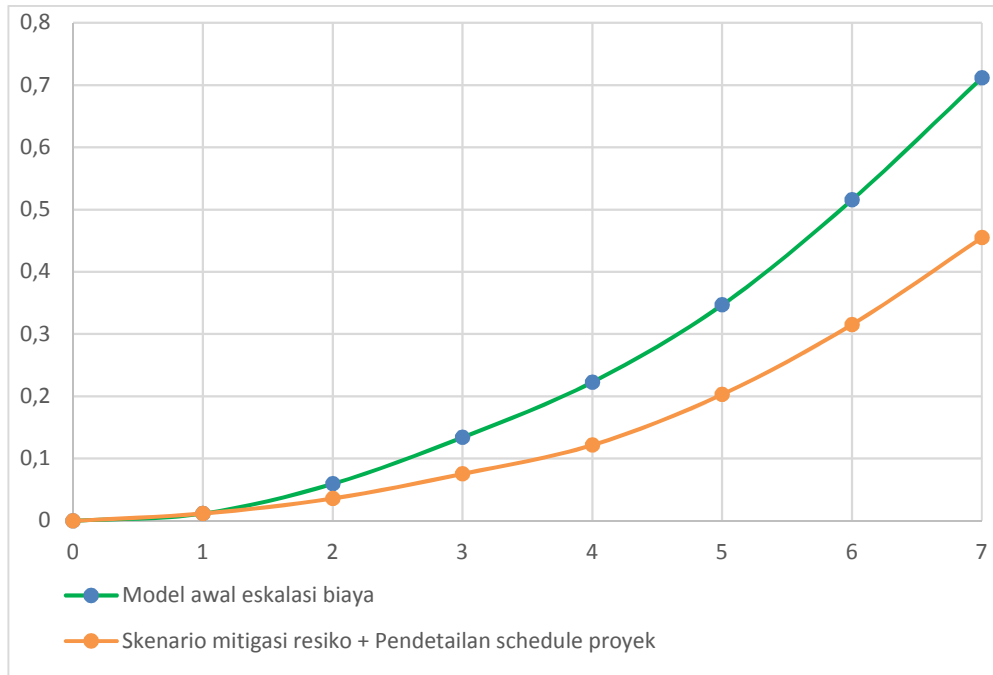
- $X_4$  = Keterlambatan schedule proyek
- $B_3$  = Perubahan desain
- $B_4$  = Keterlambatan pembayaran progress dari owner
- $B_5$  = Kekurangan tenaga kerja
- $B_6$  = Perencanaan & penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor
- $\bar{B}_3$  = Nilai rata-rata data perubahan desain
- $\bar{B}_4$  = Nilai rata-rata data keterlambatan pembayaran progress dari owner
- $\bar{B}_5$  = Nilai rata-rata data kekurangan tenaga kerja
- $\bar{B}_6$  = Nilai rata-rata data perencanaan & penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor
- $SB_3$  = Standar deviasi data perubahan desain
- $SB_4$  = Standar deviasi data keterlambatan pembayaran progress dari owner
- $SB_5$  = Standar deviasi data kekurangan tenaga kerja

- $SB_6$  = Standar deviasi data perencanaan & penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor  
 $\bar{X}_6$  = Cuaca buruk  
 $\bar{X}_6$  = Nilai rata-rata data cuaca buruk  
 $X_6$  = Standar deviasi data cuaca buruk  
 $\bar{X}_3$  = Mitigasi risiko proyek  
 $\bar{X}_3$  = nilai rata-rata data mitigasi risiko proyek  
 $Z_3$  = Standar deviasi data mitigasi risiko proyek  
 $\bar{X}_4$  = Pendetailan *schedule* proyek  
 $\bar{X}_4$  = nilai rata-rata data pendetailan *schedule* proyek  
 $SZ_4$  = Standar deviasi data pendetailan *schedule* proyek

Hasil:

Tabel 4.22 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Mitigasi Risiko Proyek dan Pendetailan *Schedule* Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 9 Mitigasi risiko proyek + Pendetailan <i>schedule</i> proyek
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	3.59%
3	13.40%	7.54%
4	22.28%	12.17%
5	34.68%	20.31%
6	51.56%	31.53%
7	71.14%	45.49%



Gambar 4.21 Model Grafik Hubungan Skenario 9 (Mitigasi Risiko Proyek dan Pendetailan *Schedule* Proyek) terhadap Model Awal

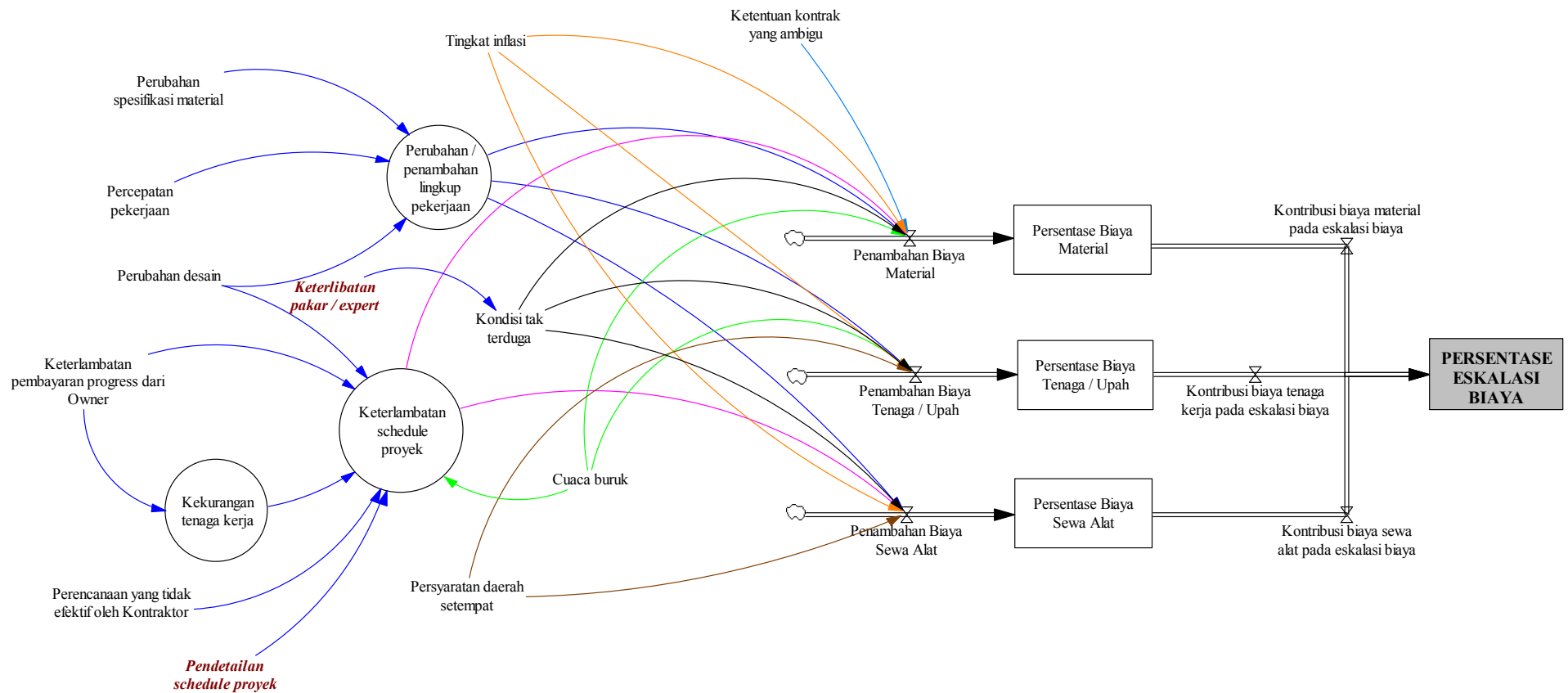
Hasil simulasi skenario 9 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Namun hasil penurunan yang diperoleh lebih kecil (lebih baik) apabila dibandingkan dengan simulasi penambahan satu faktor yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* sebelumnya. Skenario 9 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 36.06% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 9, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 9} = \frac{(71.14\% - 45.49\%)}{71.14\%} = 36.06\%$$

- Skenario 10: skenario pengembangan struktur dengan penambahan dua faktor yaitu, keterlibatan pakar/*expert* sebagai suatu parameter pada faktor kondisi tidak terduga dan pendetailan *schedule* proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek.

Tujuan: mereduksi persentase kondisi tidak terduga dan keterlambatan *schedule* pada proyek konstruksi.

Gambar skenario:



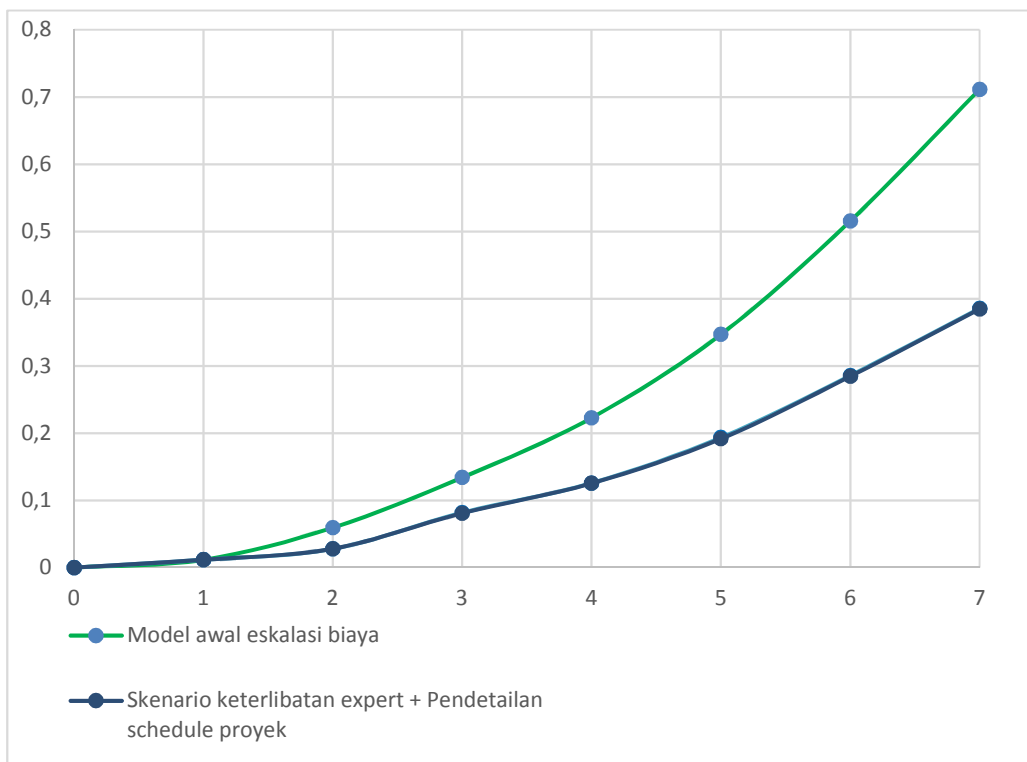
Gambar 4.22 Stock Flow Diagram untuk Skenario 10

Cara: persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat pada persamaan 9 dan 11 dimasukkan bersama ke dalam model.

Hasil:

Tabel 4.23 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Pakar/*Expert* dan Pendetailan *Schedule* Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 10 Keterlibatan pakar/ <i>expert</i> + Pendetailan <i>schedule</i> proyek
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	2.81%
3	13.40%	8.10%
4	22.28%	12.54%
5	34.68%	19.16%
6	51.56%	28.45%
7	71.14%	38.45%



Gambar 4.23 Model Grafik Hubungan Skenario 10 (Keterlibatan Pakar/*Expert* dan Pendetailan *Schedule* Proyek) terhadap Model Awal

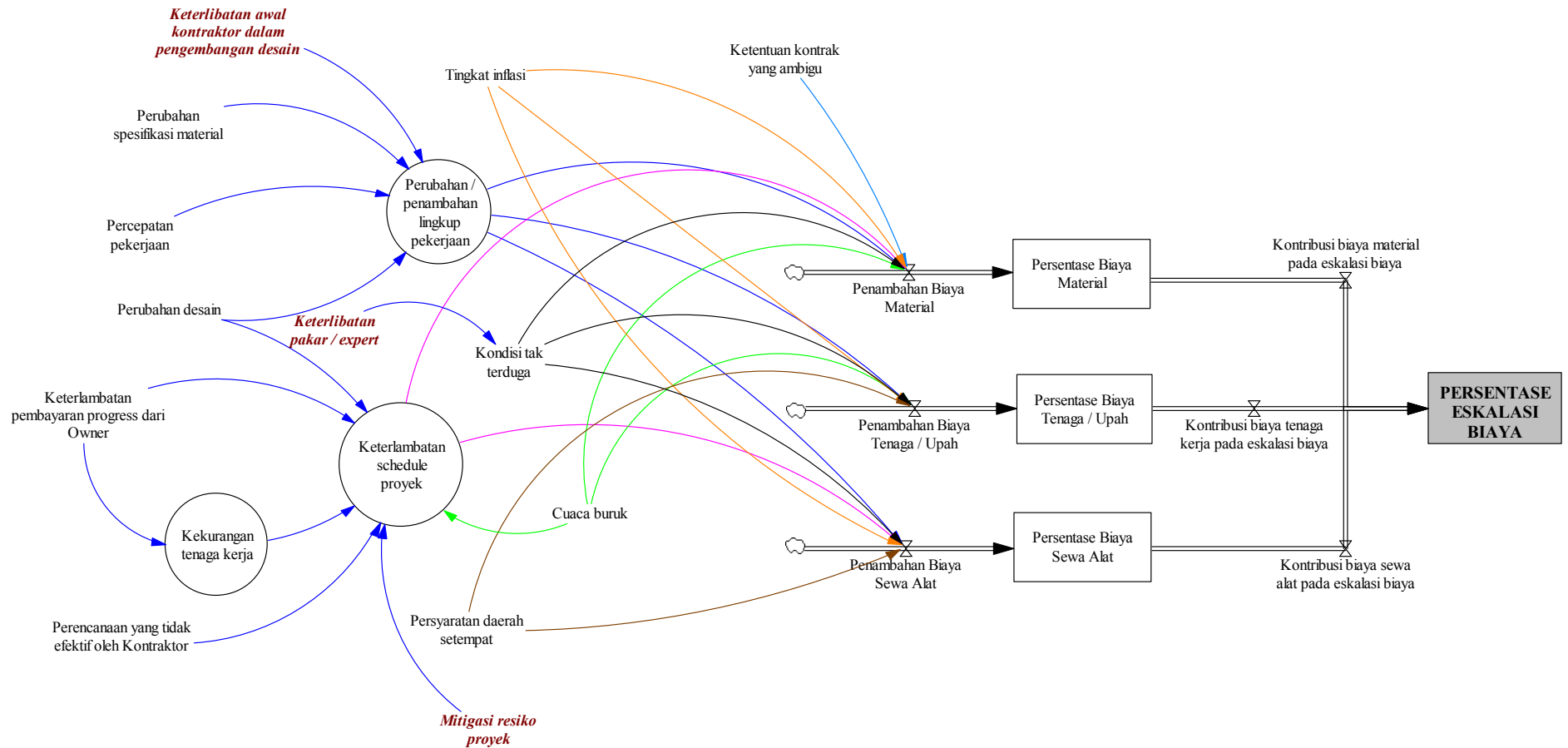
Hasil simulasi skenario 10 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Namun hasil penurunan yang diperoleh lebih kecil (lebih baik) apabila dibandingkan dengan simulasi penambahan satu faktor yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* sebelumnya. Skenario 10 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 45.95% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 10, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 10} = \frac{(71.14\% - 38.45\%)}{71.14\%} = 45.95\%$$

11. Skenario 11: skenario pengembangan struktur dengan penambahan tiga faktor yaitu, keterlibatan awal kontraktor sebagai suatu parameter pada faktor perubahan/penambahan lingkup pekerjaan, keterlibatan pakar/*expert* sebagai suatu parameter pada faktor kondisi tidak terduga, dan mitigasi risiko proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek.

Tujuan: mereduksi persentase perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan, kondisi tidak terduga, dan keterlambatan *schedule* pada proyek konstruksi.

Gambar skenario:



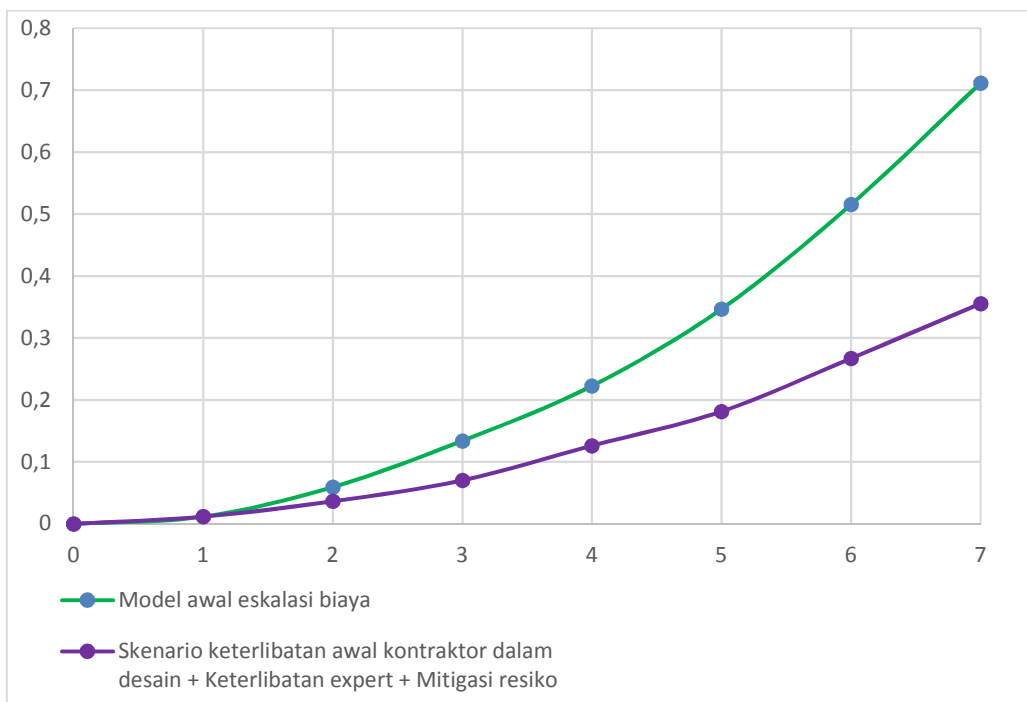
Gambar 4.24 Stock Flow Diagram untuk Skenario 11

Cara: persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat pada persamaan 8, 9 dan 10 dimasukkan bersama ke dalam model.

Hasil:

Tabel 4.24 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/*Expert* dan Mitigasi Risiko Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 11 Keterlibatan awal kontraktor + Keterlibatan pakar/ <i>expert</i> + Mitigasi risiko proyek
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	3.65%
3	13.40%	7.03%
4	22.28%	12.62%
5	34.68%	18.15%
6	51.56%	26.71%
7	71.14%	35.56%



Gambar 4.25 Model Grafik Hubungan Skenario 11 (Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/*Expert*, dan Mitigasi Risiko Proyek) terhadap Model Awal



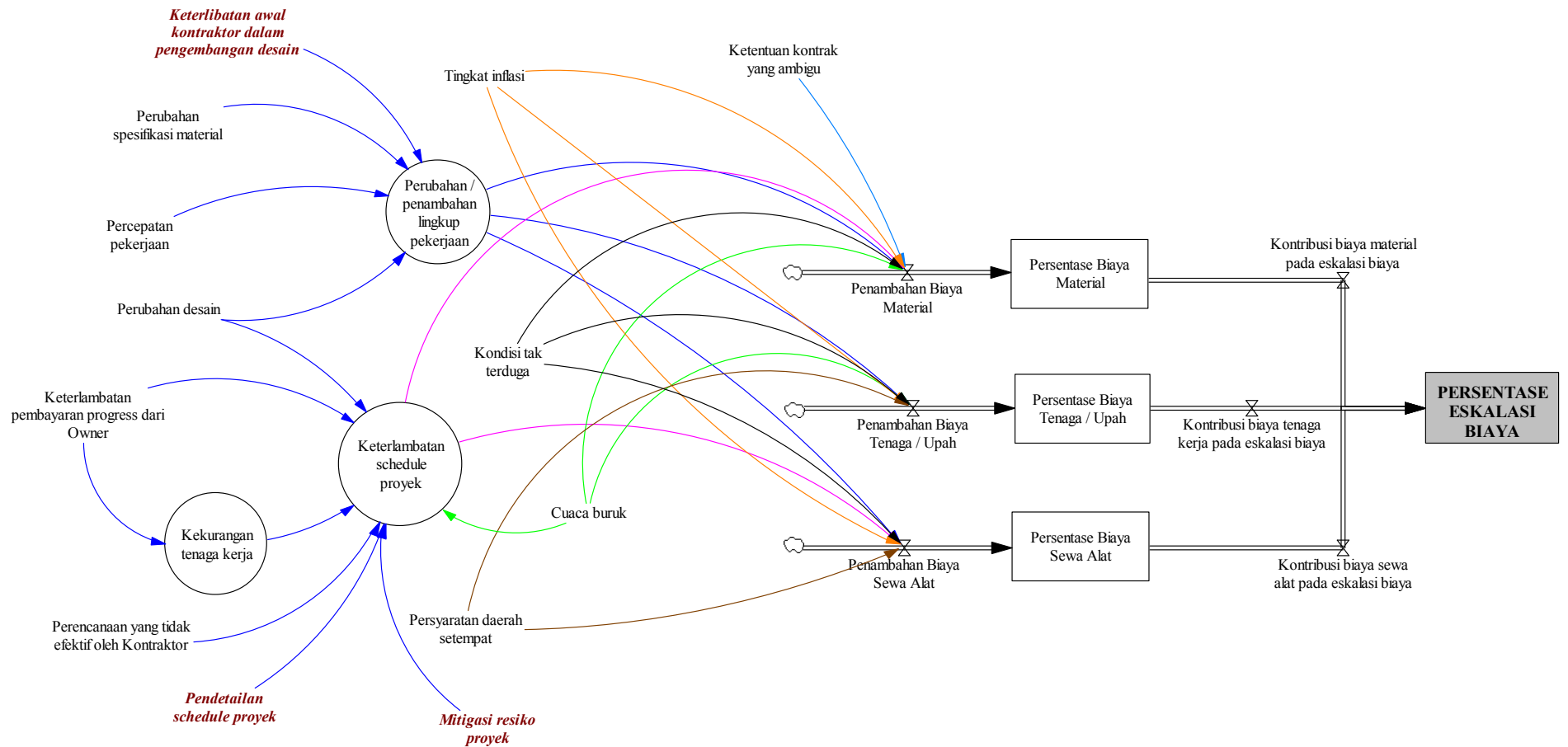
Hasil simulasi skenario 11 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh juga mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Namun hasil penurunan yang diperoleh lebih kecil (lebih baik) apabila dibandingkan dengan simulasi penambahan satu faktor dan kombinasi dua faktor yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* sebelumnya (skenario 1 – skenario 10). Skenario 11 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 50.02% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 11, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 11} = \frac{(71.14\% - 35.56\%)}{71.14\%} = 50.02\%$$

12. Skenario 12: skenario pengembangan struktur dengan penambahan tiga faktor yaitu, keterlibatan awal kontraktor sebagai suatu parameter pada faktor perubahan/penambahan lingkup pekerjaan, mitigasi risiko proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek, dan pendetailan *schedule* proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek.

Tujuan: mereduksi persentase perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan dan keterlambatan *schedule* pada proyek konstruksi.

Gambar skenario:



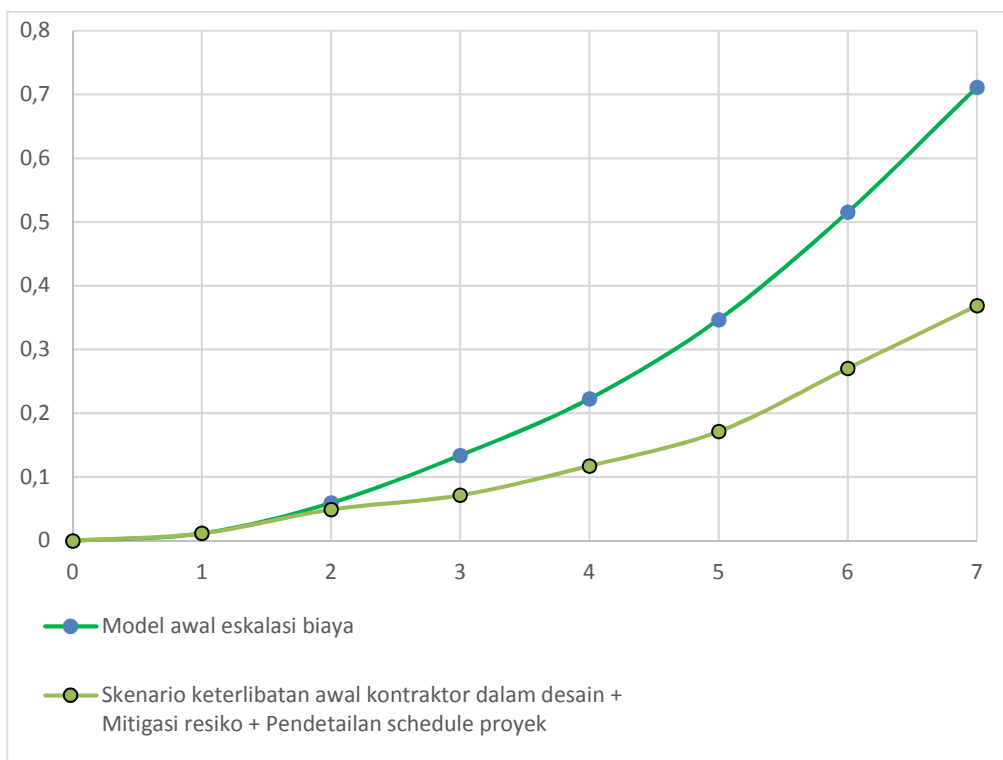
Gambar 4.26 Stock Flow Diagram untuk Skenario 12

Cara: persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat pada persamaan 8 dan 12 dimasukkan bersama ke dalam model.

Hasil:

Tabel 4.25 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor, Mitigasi Risiko Proyek, dan Pendetailan *Schedule* Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 12
		Keterlibatan awal kontraktor + Mitigasi risiko proyek + Pendetailan <i>schedule</i> proyek
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	4.90%
3	13.40%	7.14%
4	22.28%	11.74%
5	34.68%	17.15%
6	51.56%	27.04%
7	71.14%	36.87%



Gambar 4.27 Model Grafik Hubungan Skenario 12 (Keterlibatan Awal Kontraktor, Mitigasi Risiko Proyek dan Pendetailan *Schedule* Proyek) terhadap Model Awal

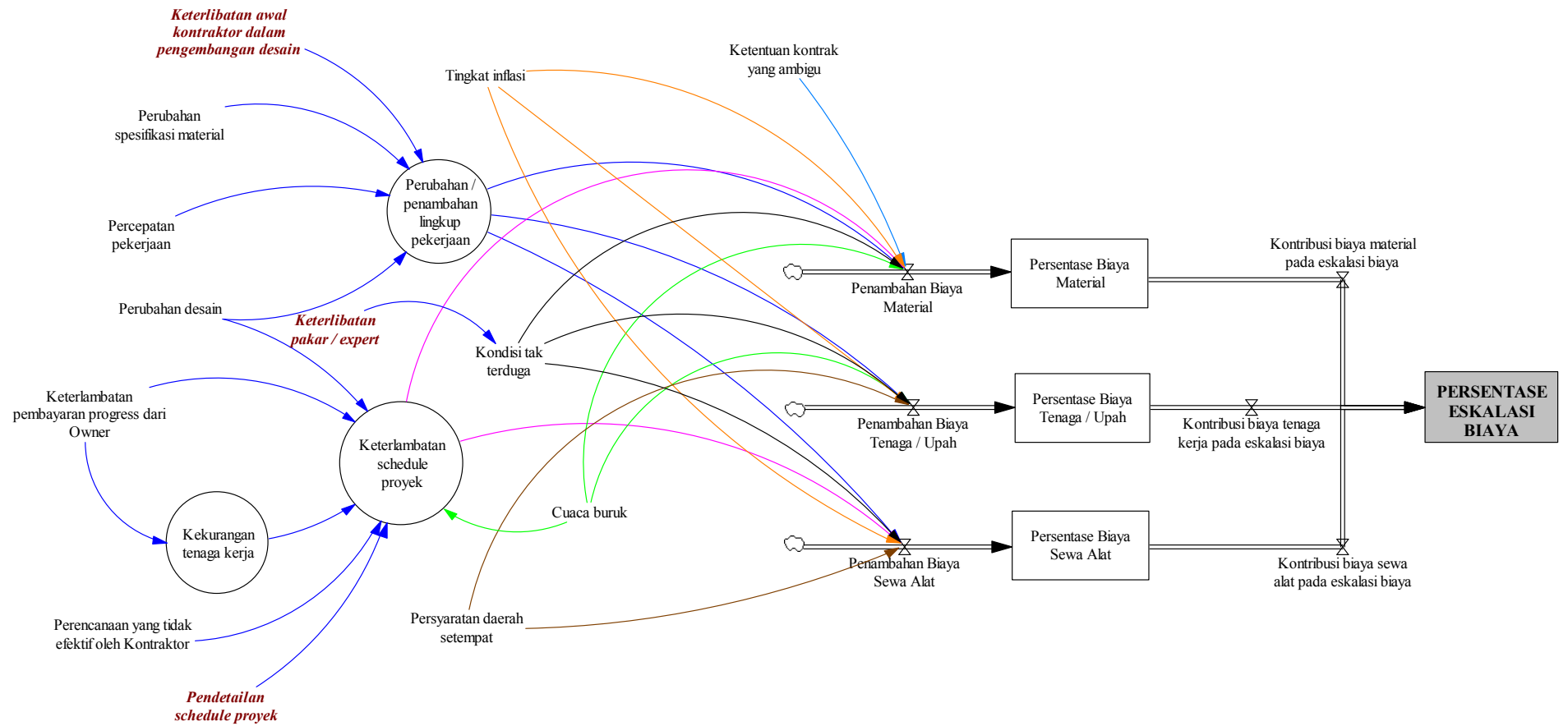
Hasil simulasi skenario 12 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh juga mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Namun hasil penurunan yang diperoleh lebih kecil (lebih baik) apabila dibandingkan dengan simulasi penambahan satu faktor dan kombinasi dua faktor yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* sebelumnya (skenario 1 – skenario 10). Skenario 12 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 48.18% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 12, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 12} = \frac{(71.14\% - 36.87\%)}{71.14\%} = 48.18\%$$

13. Skenario 13: skenario pengembangan struktur dengan penambahan tiga faktor yaitu, keterlibatan awal kontraktor sebagai suatu parameter pada faktor perubahan/penambahan lingkup pekerjaan, keterlibatan pakar/*expert* sebagai suatu parameter pada faktor kondisi tidak terduga, dan pendetailan *schedule* proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek.

Tujuan: mereduksi persentase perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan, kondisi tidak terduga, dan keterlambatan *schedule* pada proyek konstruksi.

Gambar skenario:



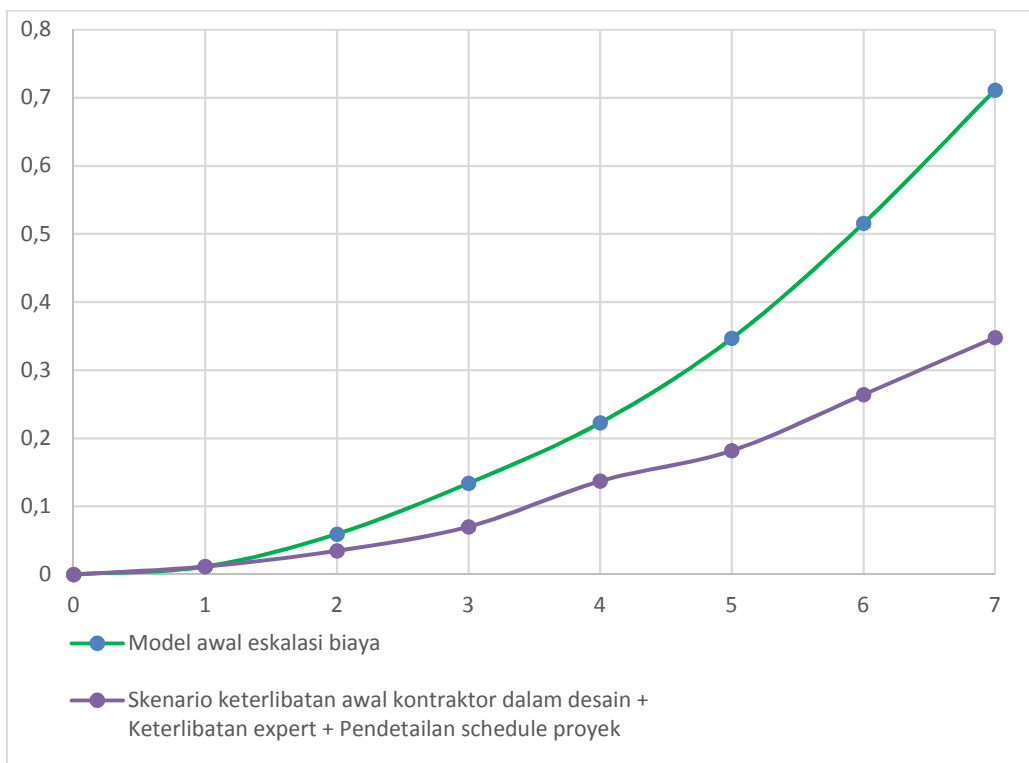
Gambar 4.28 Stock Flow Diagram untuk Skenario 13

Cara: persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat pada persamaan 8, 9 dan 11 dimasukkan bersama ke dalam model.

Hasil:

Tabel 4.26 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/*Expert*, dan Pendetailan *Schedule* Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 13 Keterlibatan awal kontraktor + Keterlibatan pakar/ <i>expert</i> + Pendetailan <i>schedule</i> proyek
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	3.48%
3	13.40%	7.02%
4	22.28%	13.70%
5	34.68%	18.19%
6	51.56%	26.42%
7	71.14%	34.79%



Gambar 4.29 Model Grafik Hubungan Skenario 13 (Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/*Expert*, dan Pendetailan *Schedule* Proyek) terhadap Model Awal

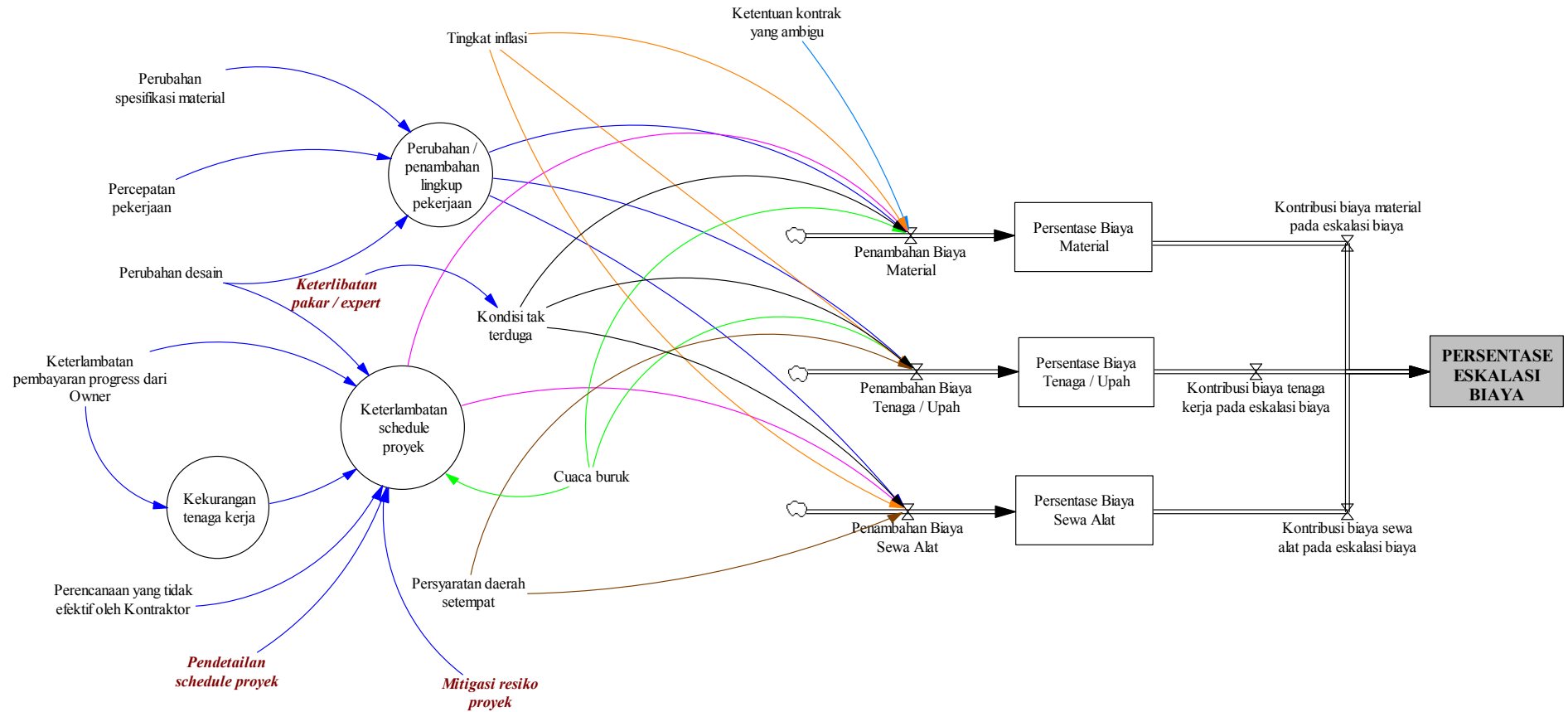
Hasil simulasi skenario 13 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh juga mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Namun hasil penurunan yang diperoleh lebih kecil (lebih baik) apabila dibandingkan dengan simulasi penambahan satu faktor dan kombinasi dua faktor yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* sebelumnya (skenario 1 – skenario 10). Skenario 13 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 51.11% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 13, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 13} = \frac{(71.14\% - 34.79\%)}{71.14\%} = 51.11\%$$

14. Skenario 14: skenario pengembangan struktur dengan penambahan tiga faktor yaitu, keterlibatan pakar/*expert* sebagai suatu parameter pada faktor kondisi tidak terduga, mitigasi risiko proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek, dan pendetailan *schedule* proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek.

Tujuan: mereduksi persentase kondisi tidak terduga dan keterlambatan *schedule* pada proyek konstruksi.

Gambar skenario:



Gambar 4.30 Stock Flow Diagram untuk Skenario 14

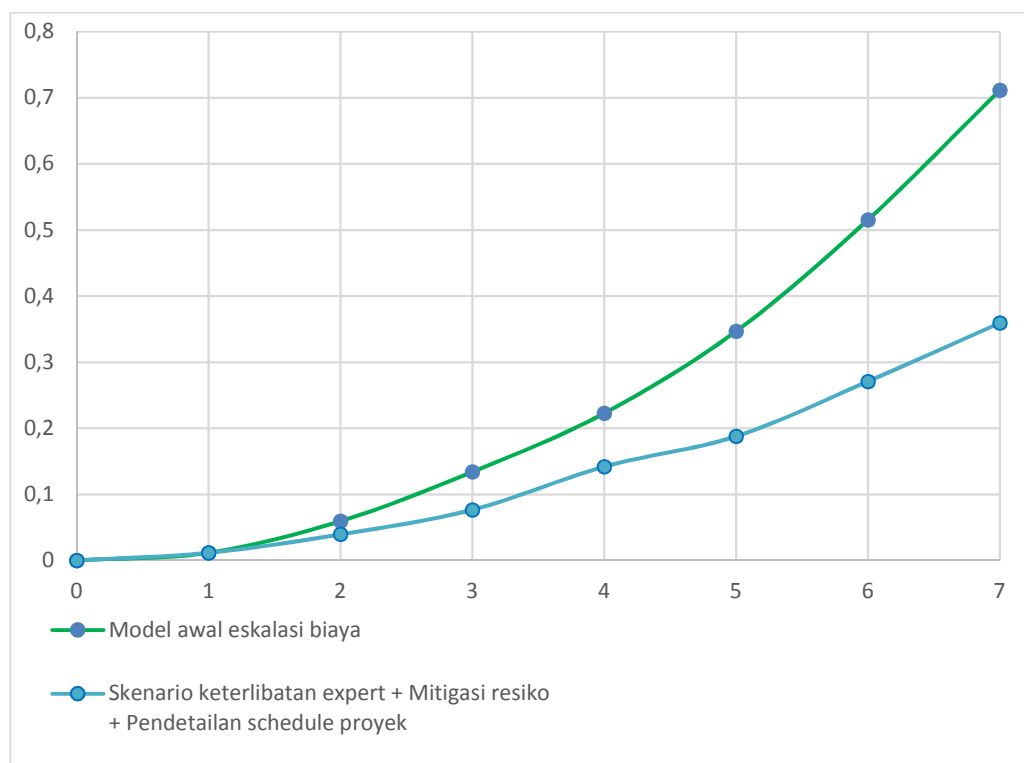


Cara: persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat pada persamaan 9 dan 12 dimasukkan bersama ke dalam model.

Hasil:

Tabel 4.27 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Pakar/*Expert*, Mitigasi Risiko Proyek, dan Pendetailan *Schedule* Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	Hasil skenario 14 Keterlibatan pakar/ <i>expert</i> + Mitigasi risiko proyek + Pendetailan <i>schedule</i> proyek
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	3.95%
3	13.40%	7.67%
4	22.28%	14.20%
5	34.68%	18.79%
6	51.56%	27.10%
7	71.14%	35.94%



Gambar 4.31 Model Grafik Hubungan Skenario 14 (Keterlibatan Pakar/*Expert*, Mitigasi Risiko Proyek, dan Pendetailan *Schedule* Proyek) terhadap Model Awal

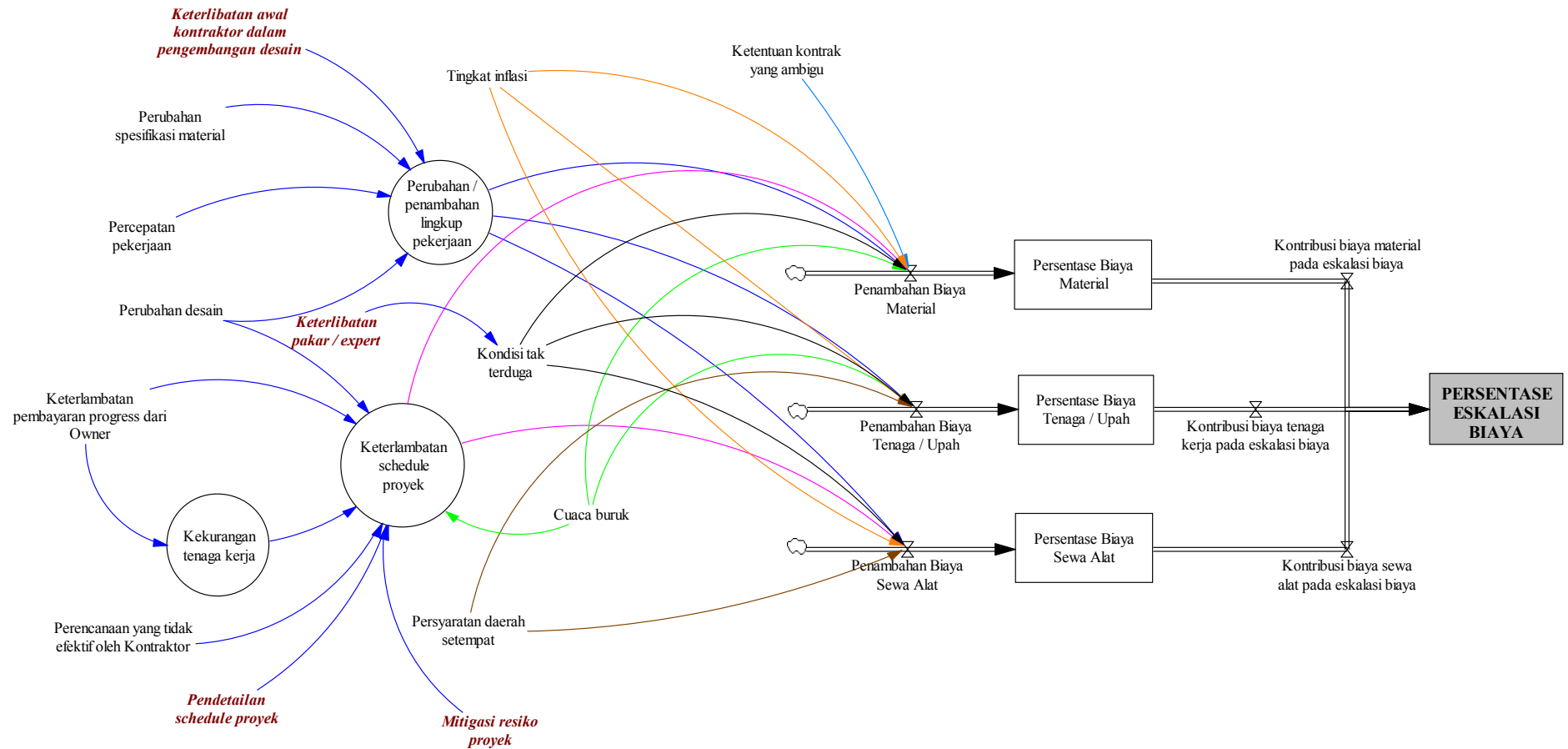
Hasil simulasi skenario 14 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh juga mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Namun hasil penurunan yang diperoleh lebih kecil (lebih baik) apabila dibandingkan dengan simulasi penambahan satu faktor dan kombinasi dua faktor yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* sebelumnya (skenario 1 – skenario 10). Skenario 14 dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 49.48% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 14, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 14} = \frac{(71.14\% - 35.94\%)}{71.14\%} = 49.48\%$$

15. Skenario 15: skenario pengembangan struktur dengan penambahan empat faktor yaitu, keterlibatan awal kontraktor sebagai suatu parameter pada faktor perubahan/penambahan lingkup pekerjaan, keterlibatan pakar/*expert* sebagai suatu parameter pada faktor kondisi tidak terduga, mitigasi risiko proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek, dan pendetailan *schedule* proyek sebagai suatu parameter pada faktor keterlambatan *schedule* proyek.

Tujuan: mereduksi persentase perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan, kondisi tidak terduga, dan keterlambatan *schedule* pada proyek konstruksi.

Gambar skenario:



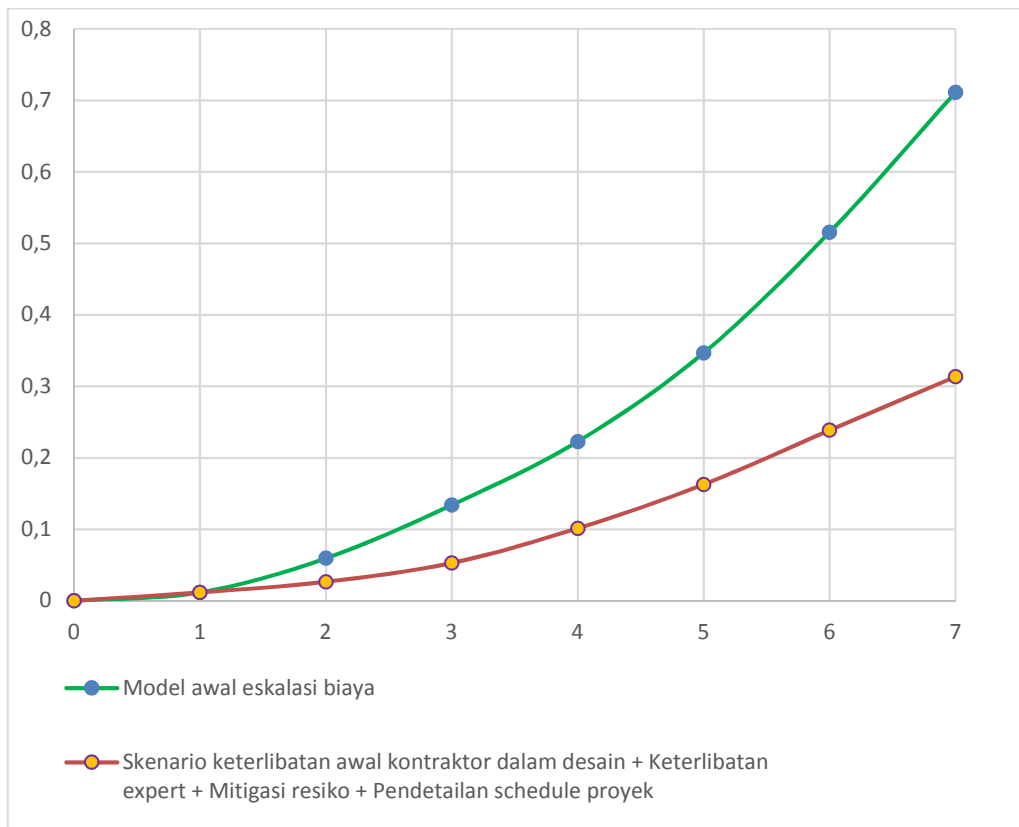
Gambar 4.32 Stock Flow Diagram untuk Skenario 15

Cara: persamaan rumus pengaruh antar faktor yang didapat pada persamaan 8, 9 dan 12 dimasukkan bersama ke dalam model.

Hasil:

Tabel 4.28 Hasil Simulasi Penambahan Faktor Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/*Expert*, Mitigasi Risiko Proyek, dan Pendetailan *Schedule* Proyek terhadap Model Awal

Tahun ke-	Hasil simulasi model awal eskalasi biaya	<b>Hasil skenario 15</b> <b>Keterlibatan awal kontraktor +</b> <b>Keterlibatan pakar/<i>expert</i> +</b> <b>Mitigasi risiko proyek +</b> <b>Pendetailan <i>schedule</i> proyek</b>
0	0	0
1	1.17%	1.17%
2	5.94%	2.67%
3	13.40%	5.29%
4	22.28%	10.14%
5	34.68%	16.27%
6	51.56%	23.86%
7	71.14%	31.35%



Gambar 4.33 Model Grafik Hubungan Skenario 15 (Keterlibatan Awal Kontraktor, Keterlibatan Pakar/*Expert*, Mitigasi Risiko Proyek, dan Pendetailan *Schedule* Proyek) terhadap Model Awal

Hasil simulasi skenario 15 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh juga mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Namun hasil penurunan yang diperoleh lebih kecil (lebih baik) apabila dibandingkan dengan simulasi penambahan satu faktor, penambahan dan kombinasi dua faktor, dan penambahan dan kombinasi tiga faktor yang dapat meminimalisir besarnya eskalasi biaya proyek *multi years* sebelumnya (skenario 1 – skenario 14). Penambahan empat faktor ini secara signifikan dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 55,94% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi. Hasil ini didapat dengan menghitung selisih antara hasil luaran tahun ketujuh pada model awal dan skenario 15, kemudian dicari persentase selisihnya.

$$\text{Persentase perubahan skenario 15} = \frac{(71.14\% - 31.35\%)}{71.14\%} = 55.94\%$$

Setelah dilakukan analisis dan simulasi dengan 15 skenario pengembangan struktur, didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.29 di bawah ini;

Tabel 4.29 Rekapitulasi Skenario Pengembangan Struktur

Tahun ke-	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5	Skenario 6	Skenario 7	Skenario 8	Skenario 9	Skenario 10	Skenario 11	Skenario 12	Skenario 13	Skenario 14	Skenario 15
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%	1.17%
2	3.72%	2.86%	4.09%	3.96%	2.61%	3.42%	3.32%	2.79%	3.59%	2.81%	3.65%	4.90%	3.48%	3.95%	2.67%
3	7.63%	6.26%	8.78%	8.18%	7.75%	7.08%	7.29%	8.17%	7.54%	8.10%	7.03%	7.14%	7.02%	7.67%	5.29%
4	14.39%	13.64%	16.16%	15.12%	11.86%	11.55%	12.04%	12.57%	12.17%	12.54%	12.62%	11.74%	13.70%	14.20%	10.14%
5	22.76%	22.70%	25.36%	23.49%	18.41%	19.39%	20.26%	19.35%	20.31%	19.16%	18.15%	17.15%	18.19%	18.79%	16.27%
6	33.09%	30.75%	36.32%	33.70%	27.86%	30.27%	31.21%	28.56%	31.53%	28.45%	26.71%	27.04%	26.42%	27.10%	23.86%
7	45.90%	40.13%	49.85%	46.22%	38.26%	43.72%	44.73%	38.58%	45.49%	38.45%	35.56%	36.87%	34.79%	35.94%	31.35%

Dari hasil analisis didapat rekapitulasi dari masing-masing skenario pengembangan struktur. Dapat dilihat pada Tabel 4.29 di atas, skenario pengembangan struktur dengan penambahan beberapa faktor yang dapat menekan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* menunjukkan hasil positif. Hasil simulasi skenario 1-15 menunjukkan kecenderungan tingkat eskalasi biaya proyek *multi years* dari tahun kedua sampai tahun ketujuh mengalami penurunan bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal (*base model*). Adapun skenario 15 memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* yang paling signifikan, yaitu sebesar 31.35% atau dengan kata lain mampu menekan tingkat eskalasi sebesar 55,94% di tahun ketujuh masa pelaksanaan konstruksi bila dibandingkan dengan hasil grafik model awal.

#### **4.7. Rekomendasi untuk Kontraktor**

Kontraktor dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai bantuan dalam memberikan informasi pada saat penentuan *range* keakuratan estimasi. Pemanfaatan hasil penelitian ini bagi kontraktor direkomendasikan untuk mengembangkan kembali faktor-faktor baik yang dapat menyebabkan maupun yang meminimalisir terjadinya eskalasi biaya proyek *multi years* sesuai dengan kondisi proyek yang akan dibangun. Faktor-faktor yang telah diidentifikasi kemudian dianalisa dengan menentukan kategori risiko. Untuk faktor yang termasuk risiko berulang kontraktor dapat segera menentukan kategori dan penanganannya. Setelah diketahui kategori risiko, tahapan selanjutnya adalah memitigasi risiko tersebut. Kontraktor memiliki berbagai tindakan mitigasi risiko, yaitu dengan:

1. Menentukan klausul dalam dokumen kontrak yang perlu diubah dalam rangka menghindari risiko yang berdampak besar bagi kontraktor.
2. Mengurangi risiko dengan mencegah besarnya frekuensi terjadinya risiko dan atau besarnya dampak risiko tersebut.

*halaman ini sengaja dikosongkan*



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti untuk mengembangkan pemodelan eskalasi biaya proyek *multi years* dengan pendekatan sistem dinamik didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Faktor-faktor yang menyebabkan eskalasi biaya proyek *multi years* pada proyek PT. PP (Persero) Tbk. di Surabaya berdasarkan keterkaitannya di dalam pemodelan antara lain perubahan spesifikasi material, percepatan pekerjaan, perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, perencanaan yang tidak efektif, perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan, kekurangan tenaga kerja, keterlambatan *schedule* proyek, ketentuan kontrak yang ambigu, tingkat inflasi, kondisi tak terduga, cuaca buruk, dan persyaratan daerah setempat.
2. Tren atau kecenderungan dari faktor-faktor yang menyebabkan eskalasi biaya proyek *multi years* pada proyek PT. PP (Persero) Tbk. di Surabaya yang didapat dalam penelitian ini yaitu meningkat mulai dari tahun pertama sampai dengan tahun ketujuh.
3. Berdasarkan hasil validasi pemodelan, pemodelan eskalasi biaya proyek *multi years* dengan pendekatan sistem dinamik ini dapat digunakan untuk mengestimasi eskalasi biaya proyek konstruksi *multi years* gedung dengan tingkat akurasi 91,21%.
4. Berdasarkan hasil simulasi, yang paling dominan dalam mempengaruhi besaran eskalasi biaya proyek *multi years* adalah faktor kondisi tidak terduga yaitu sebesar 59,69%.
5. Hasil skenario pemodelan dengan memasukkan beberapa faktor tambahan seperti pendetailan *schedule* proyek, mitigasi risiko, keterlibatan awal kontraktor dalam pengembangan desain, dan keterlibatan pakar / *expert* dalam proyek ke dalam model dapat memberikan penurunan eskalasi biaya proyek *multi years* sebesar 55,94% di tahun ketujuh pada masa pelaksanaan konstruksi.

## 5.2. Saran

Dari analisa data dan pembahasan penelitian ini terdapat beberapa saran yang dapat diberikan dalam rangka pengembangan dari penelitian dan hal yang masih perlu diperbaiki sehingga dapat bermanfaat bagi penelitian selanjutnya maupun pihak yang terkait. Saran yang diusulkan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini secara khusus memodelkan eskalasi biaya proyek *multi years* dengan pendekatan sistem dinamik pada proyek konstruksi gedung. Oleh karena itu disarankan untuk melakukan penelitian yang serupa untuk jenis konstruksi yang lain seperti konstruksi jembatan, jalan, bendungan dan lain-lain. Dengan begitu, akan didapat gambaran secara menyeluruh bagaimana faktor-faktor yang menyebabkan eskalasi biaya proyek berpengaruh pada setiap jenis konstruksi.
2. Perkembangan proyek konstruksi dengan kontrak *multi years* cukup pesat sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan *tools* yang dapat mengakomodasikan ketidakpastian yang terjadi seperti *Bayesian* sehingga hasil yang didapatkan bisa lebih realistis.

*halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- AACE International. (2004) : *Estimating, Skills & Knowledge of Cost Engineering 5th Edition*, AACE International, 209 Praire Avenue, Suite 100, Morgantown, West Virginia, United Stated of America.
- Akinci, B., and Fischer, M. (1998), "Factors affecting contractors' risk of cost overburden." *J. Manage. Eng.*, 14(1), 67–76.
- Assaf, S.A., dan Al-Hejji, S. (2006), "Causes Of Delays in Large Construction Projects", *International Journal of Project Management*, Vol. 24, hal 349-357.
- Badan Penelitian dan Pengembangan PU. (2012) : *Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum (AHSP)*, Kementrian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Barlas, Y. (1996). *Format Aspect of Model Validity and Validation in System Dynamics*. *System Dynamics Review*. Pp. 12(3): 183-210.
- Bruni, M.E., Beraldi, P., Guerriero, F., dan Pinto, E. (2011),"A Scheduling Methodology for Dealing with Uncertainty in Construction Projects", *Engineering Computations: International Journal for Computer-Aided Engineering and Software*, Vol. 28, No. 8, hal 1064 – 1078.
- El-Razek, M.E.A, Bassioni, H.A., dan Mobarak, A.M. (2008), "Causes of Delay in Building Construction Projects in Egypt", *Journal Of Construction Engineering And Management*, (ASCE) 0733-9364, 134:11(831).
- Ervianto, Wulfram I., (2002): *Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi, Yogyakarta.
- Callahan, J. T. (1998), *Managing transit construction contract claims*, Transportation Research Board, Transportation cooperative research program synthesis 28, National Academy Press, Washington, D.C., 1–59.
- Chan, D.W.M., Chan, A.P.C., Lam, P.T.I., dan Wong, J.M.W. (2010), "Identifying The Critical Success Factors for Target Cost Contracts in The Construction Industry", *Journal of Facilities Management*, Vol. 8, No. 3, hal 179 – 201.
- Chang, A.S. (2002), "Reasons for cost and schedule increases for engineering design projects." *J. Manage. Eng.*, 18(1), 29–36.
- Cleland, D.I., (1994), *Project Management Strategic Design and Implementation*, New York: Mc Graw Hill International Edition.
- Dipohusodo, Istimawan. (1996): *Manajemen Proyek dan Konstruksi (Jilid 2)*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Fatoni, A. dan Hanif, M. (2013), *Analisa Eskalasi Biaya Pada Proyek Infrastruktur Tahun Jamak (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Waduk Jatigede dan Proyek Pembangunan Waduk Jatibarang)*, Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Forrester, J. W. (1968), *Principle of System*. Massachusetts, Wright-Alen Press, Inc.

- Forrester, Jay W. (1994), *Sistem Dinamiks, System Thinking, and Soft OR*. Sistem Dinamiks Review Summer, Vol. 10, No. 2, hal 3.
- Hanna, A.S., and Blair, A.N. (1993), "Computerized approach for forecasting the rate of cost escalation." *Proc., Comput. Civ. Build. Tech. Conf.*, 401–408.
- Hansen, Seng. (2015): *Manajemen Kontrak Konstruksi*, Gramedia, Jakarta.
- Jifeng, W., Huapu, L., dan Hu, P. (2008), "System Dynamics Model of Urban Transportation System and Its Application", *Journal Of Transportation Systems Engineering And Information Technology*, 8 (3), hal 83-89.
- Kaliba, C., Muya, M., dan Mumba K. (2009), "Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia", *International Journal of Project Management* 27, hal 522-531.
- Kareth, M., Tarore, H., Tjakra, J., dan Walangitan, D. R. O. (2012), "Analisis Optimalisasi Waktu Dan Biaya Dengan Program Primavera 6.0 (Studi Kasus: Proyek Perumahan Puri Kelapa Gading)", *Jurnal Sipil Statik*, Vol 1, No. 1.
- Khasana, M.I. (2010). *Analisis Dampak Kebijakan Pengembangan Industri perkebunan Sawit di Kabupaten Siak Propinsi Riau: Sebuah Pendekatan Sistem Dinamik*. Jurusan Teknik Industri. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kumalasari, I. dan Hapsari, M., (2005), *Eskalasi Harga Kontrak Konstruksi Menggunakan Leading Economic Indicators Studi Kasus Proyek Jalan Layang Dan Jembatan Pasteur-Cikapayang-Surapati*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Love, P. E. D., et al. (2002), "Using Systems Dynamics To Better Understand Change And Rework In Construction Project Management Systems", *International Journal of Project Management*, Vol 20, hal 425–436.
- Marco, A. D., dan Rafele, C. (2009), "Using System Dynamics To Understand Project Performance", *Proc. of 1st ICEC&IPMA Global Congress on Project Management*.
- Mentis, M. (2015), "Managing Project Risks and Uncertainties", *Forest Ecosystems* 2:2.
- Morris, Peter; Willson, William F. (2006), "Measuring and Managing Cost Escalation", *AACE International Transactions*, Technology Collection pg. CS61.
- Nasirzadeh, F., Afshar, A., dan Khanzadi, M. (2008), "System Dynamics Approach For Construction Risk Analysis", *International Journal of Civil Engineering*, Vol. 6, No. 2.
- Nurakumala, Arya. (2014). *Penentuan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktifitas Pada Proyek Konstruksi Dengan Sistem Dinamik*, Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Nurmala, A., dan Hardjomuljadi, S. (2015), "Penyebab dan Dampak *Variation Order* (VO) pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi", *Jurnal Konstruksia*, Vol. 6, No. 2.

- Perez, P.B., Hitschfeld, M.L.C., Naranjo, M.A.G., dan Cruz, M.C.G. (2015), "Climate and Construction Delays: Case Study in Chile", *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 22, No. 6, hal 596-621.
- Pourrostan, T., Ismail, A., dan Mansournejad, M. (2011), "Identification and Evaluation of Causes and Effects of Change Orders in Building Construction Projects", *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 94-96, hal 2261-2264.
- Sapulette, W. (2009), "Analisa Penyebab Dan Pengaruh Change Order Pada Proyek Infrastruktur Dan Bangunan Gedung Di Ambon", *Jurnal Teknologi*, Volume 6 Nomor 2, hal 627 – 633.
- Semple, C., Hartman, F. T., dan Jergeas, G. (1994), "Construction claims and disputes: Causes and cost/time overruns." *J. Constr. Eng. Manage.*, 120(4), 785–795.
- Shane, J. S, *et al.* (2009), "Construction Project Cost Escalation Factors", *Journal of Management in Engineering*, Vol. 25, hal 221-229.
- Schreckengost, R. C. (1985), *Dynamics Simulation Model: How Valid Are They?*, US Government Printing Office, Washington DC.
- Soeharto, Imam. (1997) : *Manajemen Proyek*, Erlangga, Jakarta.
- Sterman, John. (2000), *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*. Singapore, The McGraw Hill Companies, hal 3.
- Suryani, Erma. (2006), *Pemodelan & Simulasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- The Big Dig: *Key facts about cost, scope, schedule, and management*. (2003). Bechtel/Parsons Brinckerhoff.
- Touran, A., dan Lopez, R. (2006), "Modeling Cost Escalation in Large Infrastructure Projects", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 132, No. 8, hal 853-860.
- Vamsidhar K., *et al.* (2014), "Study and Rate Analysis of Escalation in Construction industry", *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, Vol 11, hal 14-25.
- Wan, J., dan Liu, Y. (2014), "A System Dynamics Model for Risk Analysis during Project Construction Process", *Open Journal of Social Sciences*, 2, 451-454.
- Winardi. (1989): *Pengantar Tentang Teori Sistem dan Analisis Sistem*, Mandar Maju, Bandung.

*halaman ini sengaja dikosongkan*

## **LAMPIRAN**



*halaman ini sengaja dikosongkan*



**MANAJEMEN PROYEK  
PASCASARJANA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**Draft Kuisisioner bagi Pakar/Expert**

Kepada Yth. ....

Saya mahasiswa pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang saat ini sedang mengerjakan penelitian yang membahas : **PEMODELAN ESKALASI BIAYA PROYEK MULTI YEARS DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK.**

Memohon kesediaan Bapak untuk bersedia meluangkan sedikit waktu guna menjawab pertanyaan dalam kuisisioner ini yang nantinya akan saya butuhkan dalam melengkapi bahan penelitian saya, sebelumnya saya ucapkan terima kasih atas kesediaan bapak untuk meluangkan waktunya.

Kuisisioner ini bertujuan untuk mengetahui variabel-variabel penyebab terjadinya eskalasi biaya berdasarkan literatur dan seberapa besar pengaruh tiap variabel pada hubungan antar variabelnya, sehingga nantinya dapat dilakukan formulasi nilai input agar dapat dilakukan simulasi.

Hormat saya,

**Contact Person:**

Y. Suponco Wisnu Broto (0878-8715-1146 / Email : [wisnubroto.ponco@gmail.com](mailto:wisnubroto.ponco@gmail.com) )

Manajemen Proyek

Pascasarjana

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Lampiran : Kuisioner**  
**INFORMASI RESPONDEN**

1. Nama Responden : .....

2. Jabatan responden : ( beri tanda ✓ pada kotak yang tersedia )

- ☐ Project Manager K-1      ☐ Project Manager K-2      ☐ Project Manager K-3
- ☐ Project Manager Pro      ☐ Site Engineer Manager      ☐ Site Opertaional Manager

3. Pengalaman di bidang konstruksi : ..... Tahun

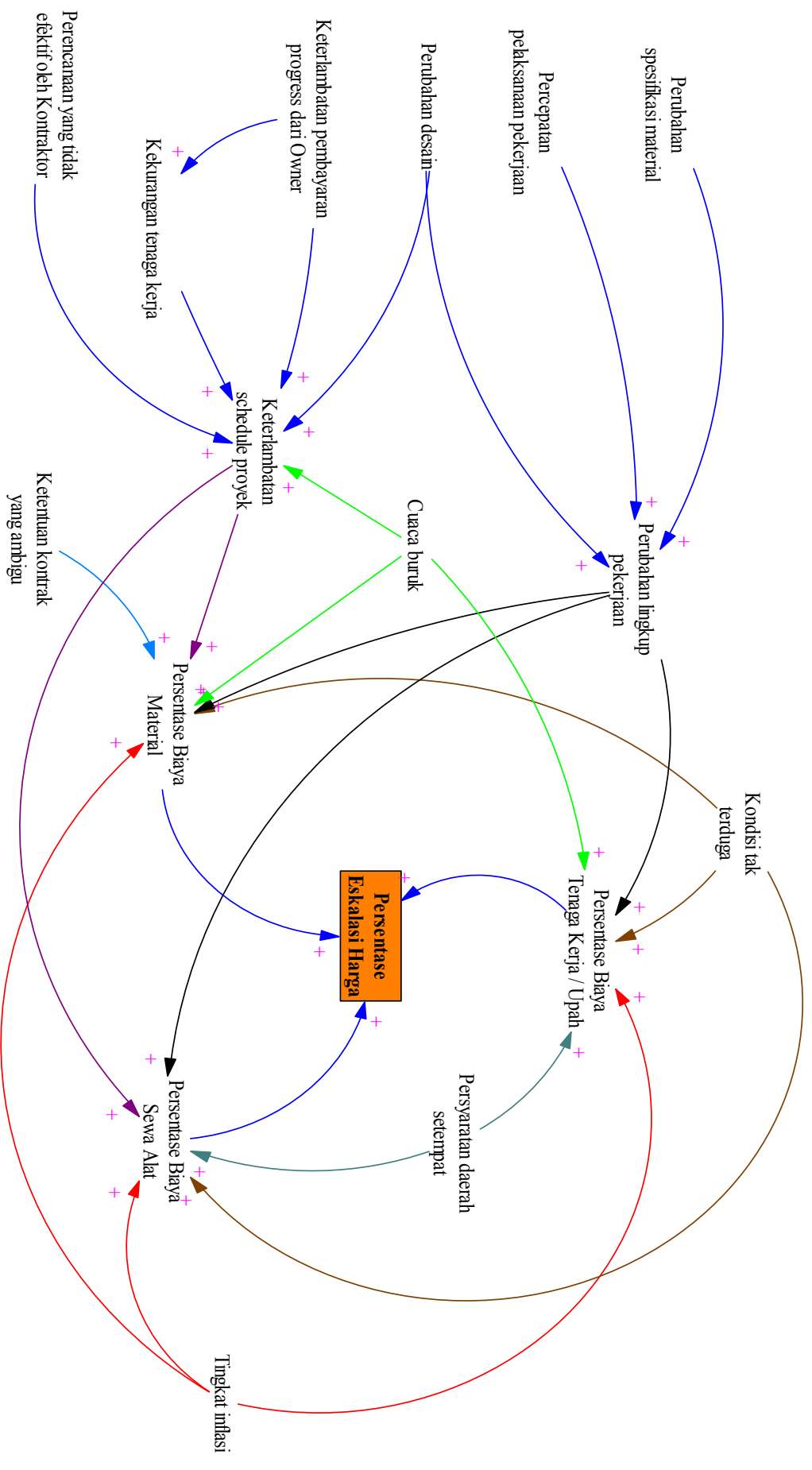
**KETERANGAN TATA CARA PENGISIAN**

- Bapak dapat memberikan pendapatnya apakah **Iya** atau **Tidak** terhadap suatu pertanyaan yang menanyakan apakah suatu variabel penyebab eskalasi biaya terjadi pada proyek yang Bapak tangani.
- Bapak dapat menggunakan **persentase** dengan skala 1% - 100% yang menunjukan besarnya pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya, semakin besar nilai persentasenya yang diberikan artinya semakin besar pengaruhnya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut.

<b>Katagori</b>	<b>Bobot</b>
KECIL	< 30 %
SEDANG	31 % - 70 %
BESAR	> 71 %

- Bapak dapat memberikan pendapat terhadap kondisi seperti apa yang berpengaruh terhadap variabel penyebab eskalasi biaya.

1. Apakah terjadi inflasi terhadap material konstruksi dan biaya sewa alat?
2. Seberapa besar pengaruh / dampak inflasi terhadap harga material dan sewa alat konstruksi?
3. Apakah terjadi kondisi yang tidak terduga selama masa pelaksanaan proyek?
4. Kondisi tidak terduga apa yang terjadi di dalam pelaksanaan proyek?
5. Seberapa besar pengaruh / dampak dari terjadinya kondisi yang tidak terduga terhadap biaya proyek?
6. Apakah terdapat perubahan schedule proyek baik yang disebabkan oleh pembatasan anggaran maupun kompleksitas pekerjaan selama masa pelaksanaan proyek?
7. Seberapa besar pengaruh / dampak dari terjadinya perubahan schedule proyek terhadap biaya proyek?
8. Apakah terdapat ketentuan kontrak yang ambigu pada pelaksanaan proyek?
9. Ketentuan kontrak yang ambigu seperti apa yang ada di dalam pelaksanaan proyek?
10. Seberapa besar pengaruh / dampak dari ketentuan kontrak yang ambigu terhadap biaya proyek?
11. Apakah terdapat persyaratan daerah setempat selama masa pelaksanaan proyek?
12. Persyaratan daerah setempat seperti apa yang ada di dalam pelaksanaan proyek?
13. Seberapa besar pengaruh / dampak dari persyaratan daerah setempat terhadap biaya proyek?



**Lampiran : Informasi dari Para *Expert* Mengenai Probabilitas Terjadinya Perubahan Ruang Lingkup Pekerjaan dan Keterlambatan *Schedule* Proyek.**

Data penelitian diperoleh berdasarkan hasil wawancara dari para *expert* (*project manager, construction manager/site operational manager, dan site engineering manager*) pada setiap proyek mengenai fakta/pengalaman proyek terdahulu, seperti data persentase pengaruh terjadinya perubahan spesifikasi material, percepatan pekerjaan, perubahan desain, keterlambatan pembayaran *progress* dari *owner*, perencanaan yang tidak efektif oleh kontraktor, dan kekurangan tenaga kerja terhadap perubahan/penambahan ruang lingkup pekerjaan dan keterlambatan *schedule* proyek. Data tersebut dinyatakan dalam bentuk tingkat pengaruh dan bentuk interaksi dari parameter faktor penyebab eskalasi biaya dalam proyek *multi years* konstruksi gedung. Adapun data-data tersebut disajikan pada Tabel bawah ini.

Proyek	Jabatan Responden	Perubahan spesifikasi material	Percepatan pekerjaan	Perubahan desain	Perubahan desain	Keterlambatan pembayaran progress dari Owner	Kekurangan tenaga kerja	Perencanaan dan penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor
Proyek A	PM	84.62%	33.33%	90.91%	63.64%	9.09%	14.29%	33.33%
	SOM	62.50%	20%	83.33%	66.67%	16.67%	7.69%	44.44%
	SEM	66.67%	40%	66.67%	66.67%	0%	0%	33.33%
Proyek B	PM	92.86%	25%	83.33%	44.44%	11.11%	7.69%	36.36%
	SOM	78.57%	44.44%	81.82%	55.56%	27.27%	11.11%	40%
	SEM	80%	25%	87.50%	50%	0%	0%	50%
Proyek C	PM	71.43%	42.86%	88.89%	37.50%	25.00%	13.33%	42.86%
	SOM	88.89%	37.50%	80%	33.33%	8.33%	25.00%	22.22%
	SEM	87.50%	20%	75%	75%	50%	0%	50%
Proyek D	PM	91.67%	10%	81.82%	55.56%	27.27%	8.33%	27.27%
	SOM	80%	28.57%	90.91%	30.77%	36.36%	7.14%	36.36%
	SEM	75.00%	20%	75%	80%	75%	0%	66.67%
Proyek E	PM	87.50%	28.57%	90%	42.86%	28.57%	25.00%	25%
	SOM	83.33%	33.33%	71.43%	62.50%	30.77%	18.18%	30%
	SEM	66.67%	25%	66.67%	50%	50%	0%	20%

Proyek	Jabatan Responden	Perubahan spesifikasi material	Percepatan pekerjaan	Perubahan desain	Perubahan desain	Keterlambatan pembayaran progress dari Owner	Kekurangan tenaga kerja	Perencanaan dan penjadwalan yang tidak efektif oleh kontraktor
Proyek F	PM	84.62%	44.44%	87.50%	62.50%	38.46%	0%	28.57%
	SOM	88.89%	37.50%	85.71%	36.36%	22.22%	27.27%	30.77%
	SEM	85.71%	20%	80%	50%	33.33%	33.33%	60%
		Perubahan lingkup pekerjaan	Perubahan lingkup pekerjaan	Perubahan lingkup pekerjaan	Keterlambatan Schedule proyek	Keterlambatan Schedule proyek	Keterlambatan Schedule proyek	Keterlambatan Schedule proyek

**Lampiran : Informasi dari Para *Expert* Mengenai Probabilitas Faktor-faktor yang Meminimalisir Terjadinya Eskalasi Biaya Proyek**

Data penelitian untuk faktor-faktor yang dapat meminimalisir eskalasi biaya proyek konstruksi *multi years* ini, diperoleh berdasarkan hasil wawancara dari para pakar/expert (*project manager, construction manager/site operational manager, dan site engineering manager*) pada setiap proyek mengenai fakta/pengalaman proyek terdahulu, berupa persentase kejadian faktor tersebut dalam meminimalisir variabel terikatnya (sesuai *causal loop diagram*) terhadap jumlah proyek yang sudah dikerjakan PT. PP (Persero) Tbk. Adapun data-data tersebut disajikan pada Tabel di bawah ini;

Proyek	Jabatan Responden	Pendetailan schedule proyek	Mitigasi resiko proyek	Keterlibatan awal kontraktor dalam pengembangan desain	Keterlibatan expert dalam proyek
Proyek A	PM	72.73%	57.14%	22.22%	66.67%
	SOM	55.56%	42.86%	16.67%	60%
	SEM	71.43%	62.50%	28.57%	50%
Proyek B	PM	77.78%	72.73%	25%	61.54%
	SOM	71.43%	66.67%	33.33%	42.86%
	SEM	50%	66.67%	20%	33.33%
Proyek C	PM	70%	81.82%	25%	44.44%
	SOM	63.64%	71.43%	14.29%	57.14%
	SEM	75%	60%	20%	42.86%
Proyek D	PM	75%	77.78%	27.27%	62.50%
	SOM	85.71%	71.43%	12.50%	71.43%
	SEM	83.33%	83.33%	0%	50%
Proyek E	PM	76.92%	84.62%	30%	40%
	SOM	72.73%	85.71%	16.67%	66.67%
	SEM	83.33%	80%	16.67%	33.33%
Proyek F	PM	78.57%	83.33%	18.18%	54.55%
	SOM	75.00%	81.82%	20%	66.67%
	SEM	66.67%	75.00%	0%	33.33%
		Keterlambatan Schedule proyek	Keterlambatan Schedule proyek	Perubahan lingkup pekerjaan	Kondisi tak terduga



Perbandingan harga bahan dari proyek-proyek *multi years* PT. PP di Surabaya

No	Item Material	Harga Awal	Harga Perubahan					
		Tahun 2010	Tahun 2011	Tahun 2012	Tahun 2013	Tahun 2014	Tahun 2015	Tahun 2016
1	Semen @50 kg	62,365.00	62,945.00	63,525.00	66,500.00	60,500.00	66,450.00	66,450.00
2	MU - 301 Perekat Bata Ringan @50 kg	29,000.00	30,500.00	31,000.00	32,500.00	48,000.00	77,500.00	85,000.00
3	MU - 250 Acian Dinding @40 kg	38,930.00	43,315.00	47,700.00	51,450.00	56,500.00	62,700.00	64,000.00
4	MU - 400 Perekat Keramik Dinding @25 kg	46,378.75	47,321.50	48,264.25	50,295.00	45,312.50	57,500.00	49,375.00
5	MU - 450 Perekat Keramik Lantai @40 kg	63,400.00	66,200.00	69,000.00	73,000.00	71,000.00	81,000.00	79,000.00
6	Pasir Pasang	118,000.00	120,000.00	123,000.00	125,000.00	130,000.00	136,000.00	141,000.00
7	Bata Ringan T=100 mM UK. 60x20 cm	595,000.00	605,000.00	615,000.00	635,000.00	625,000.00	530,000.00	535,000.00
8	Besi Beton BJTD U-24 & U-40	7,200.00	7,200.00	7,200.00	7,000.00	7,050.00	7,050.00	6,900.00
9	Beton Readymik B - 0	380,000.00	387,000.00	399,000.00	411,000.00	471,000.00	575,000.00	578,000.00
10	Beton Readymik K - 175	389,300.00	433,900.00	478,500.00	517,000.00	563,000.00	640,000.00	640,000.00
11	Beton Readymik K - 225	399,800.00	443,900.00	499,000.00	530,000.00	584,000.00	675,000.00	670,000.00
12	Beton Readymik K - 250	403,800.00	453,900.00	504,000.00	540,000.00	605,000.00	695,000.00	677,000.00
13	Beton Readymik K - 300	414,500.00	468,000.00	521,500.00	568,000.00	620,000.00	720,000.00	713,000.00
14	Beton Readymik K - 350	439,800.00	493,400.00	550,000.00	580,000.00	653,000.00	760,000.00	728,000.00
15	Beton Readymik K - 400	475,100.00	528,800.00	582,500.00	620,000.00	690,000.00	792,000.00	765,000.00
16	Beton Readymik K - 450	500,600.00	556,300.00	600,000.00	654,000.00	745,000.00	825,000.00	793,000.00
17	Beton Readymik K - 500	624,500.00	663,500.00	702,500.00	720,000.00	790,000.00	865,000.00	825,000.00
18	Multiplex Phenolith Film 12mm	158,300.00	165,145.00	185,500.00	195,000.00	205,725.00	229,000.00	247,500.00
19	Multiplex Phenolith Film 15mm	201,861.00	218,861.00	240,000.00	251,000.00	264,805.00	286,000.00	307,500.00
20	Multiplex Phenolith Film 18mm	228,455.00	251,655.00	270,000.00	305,000.00	321,775.00	342,000.00	367,500.00
21	Gypsum 9mm, rangka furing, modul rangka 60x120cm	63,752.60	65,041.20	66,104.50	70,700.00	65,250.00	69,165.00	73,314.90
22	Keramik 60X60	215,000.00	224,000.00	250,000.00	275,000.00	310,000.00	325,000.00	345,000.00
23	Keramik 80X80	266,000.00	277,000.00	300,000.00	325,000.00	394,000.00	398,000.00	400,000.00

Perbandingan harga upah tenaga kerja dari proyek-proyek *multi years* PT. PP di Surabaya

No	Item Material	Harga Awal	Harga Perubahan					
		Tahun 2010	Tahun 2011	Tahun 2012	Tahun 2013	Tahun 2014	Tahun 2015	Tahun 2016
1	MANDOR	74,750.00	82,000.00	89,250.00	96,500.00	105,000.00	108,500.00	119,500.00
2	KEPALA TUKANG	75,930.00	80,590.00	85,250.00	89,700.00	95,500.00	98,000.00	104,400.00
3	TUKANG KAYU	61,410.00	65,730.00	70,050.00	75,000.00	78,500.00	81,500.00	88,400.00
4	TUKANG BATU	61,410.00	65,730.00	70,050.00	75,000.00	78,500.00	81,500.00	88,400.00
5	TUKANG BESI	61,410.00	65,730.00	70,050.00	75,000.00	78,500.00	81,500.00	88,400.00
6	PEKERJA GALI	61,410.00	65,730.00	70,050.00	75,000.00	78,500.00	81,500.00	88,400.00
7	PEKERJA	50,610.00	55,330.00	60,050.00	66,000.00	68,500.00	72,500.00	80,400.00
8	DRIVER	61,410.00	65,730.00	70,050.00	75,000.00	78,500.00	81,500.00	88,400.00
9	OPERATOR ALAT BERAT	89,000.00	95,000.00	106,800.00	116,500.00	125,000.00	143,000.00	158,000.00
10	OPERATOR ALAT RINGAN	84,500.00	90,000.00	97,000.00	102,500.00	115,000.00	132,000.00	148,000.00

Perbandingan harga sewa alat dari proyek-proyek *multi years* PT. PP di Surabaya

No	Item Material	Harga Awal	Harga Perubahan					
		Tahun 2010	Tahun 2011	Tahun 2012	Tahun 2013	Tahun 2014	Tahun 2015	Tahun 2016
1	BAR CUTTER	3,375,000.00	3,375,000.00	3,500,000.00	3,750,000.00	3,750,000.00	4,000,000.00	4,000,000.00
2	BAR BENDER	3,375,000.00	3,375,000.00	3,500,000.00	3,750,000.00	3,750,000.00	4,000,000.00	4,000,000.00
3	COMPRESSOR	5,500,000.00	5,500,000.00	6,000,000.00	6,500,000.00	6,500,000.00	7,500,000.00	8,000,000.00
4	CONCRETE PUMP SUPER LONG BOOM	60,000,000.00	65,000,000.00	65,000,000.00	65,000,000.00	75,000,000.00	75,000,000.00	75,000,000.00
5	CONCRETE VIBRATOR	2,500,000.00	2,750,000.00	2,750,000.00	3,000,000.00	3,000,000.00	3,000,000.00	3,225,000.00
6	WATERPASS	650,000.00	650,000.00	650,000.00	700,000.00	700,000.00	750,000.00	800,000.00
7	THEODOLITH	1,525,000.00	1,550,000.00	1,550,000.00	1,600,000.00	1,600,000.00	1,600,000.00	1,750,000.00
8	TOWER CRANE	65,000,000.00	70,000,000.00	70,000,000.00	77,500,000.00	80,000,000.00	87,500,000.00	90,000,000.00
9	TOWER CRANE	35,000,000.00	38,500,000.00	38,500,000.00	42,000,000.00	42,000,000.00	47,500,000.00	47,500,000.00

## RAP BERDASAR FINALISASI

PROYEK A

PEKERJAAN : STRUKTUR-ARSITEKTUR

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	6,710,417,846.80	6,710,417,846.80
	JUMLAH A	6,710,417,846.80	6,710,417,846.80
B	PEKERJAAN TANAH DAN PONDASI	14,337,378,834.79	14,046,613,926.51
	JUMLAH B	14,337,378,834.79	14,046,613,926.51
C	PEKERJAAN STRUKTUR		
1	PEKERJAAN LANTAI BASEMENT	7,308,602,503.36	7,018,055,025.31
2	PEKERJAAN LANTAI DASAR ( SEMI BASEMENT )	6,325,741,304.81	6,197,454,006.87
3	PEKERJAAN LANTAI 1	3,776,429,602.24	3,699,842,855.14
4	PEKERJAAN LANTAI 2	1,011,501,650.04	990,988,194.41
5	PEKERJAAN LANTAI 3	1,316,024,635.31	1,289,335,392.68
6	PEKERJAAN LANTAI 5	1,050,771,329.39	1,029,461,476.82
7	PEKERJAAN LANTAI 6	1,028,285,938.29	1,007,432,093.94
8	PEKERJAAN LANTAI 7	1,028,166,562.70	1,007,315,139.31
9	PEKERJAAN LANTAI 8	1,028,328,839.21	1,007,474,124.83
10	PEKERJAAN LANTAI 9	1,117,589,741.80	1,094,924,798.47
11	PEKERJAAN LANTAI 10	883,918,920.39	865,992,868.02
12	PEKERJAAN LANTAI 11	882,170,982.25	864,280,378.42
21	PEKERJAAN LANTAI ATAP	849,207,485.46	831,985,387.93
	JUMLAH C	27,606,739,495.24	26,904,541,742.15
D	PEKERJAAN ARSITEKTUR		
1	PEKERJAAN LANTAI BASEMENT	718,321,447.52	703,753,745.00
2	PEKERJAAN LANTAI DASAR ( SEMI BASEMENT )	1,014,659,876.26	994,082,371.18
3	PEKERJAAN LANTAI 1	508,867,413.16	498,547,480.32
4	PEKERJAAN LANTAI 2	319,204,481.48	312,730,950.80
5	PEKERJAAN LANTAI 3	302,026,348.76	295,901,194.04
6	PEKERJAAN LANTAI 5	253,049,592.79	247,917,696.47
7	PEKERJAAN LANTAI 6	250,463,494.22	245,384,044.49
8	PEKERJAAN LANTAI 7	250,520,626.36	245,440,017.99
9	PEKERJAAN LANTAI 8	250,518,799.93	245,438,228.60
10	PEKERJAAN LANTAI 9	292,729,345.01	286,792,735.39
11	PEKERJAAN LANTAI 10	250,519,379.30	245,438,796.21
12	PEKERJAAN LANTAI 11	250,564,223.86	245,482,731.32
21	PEKERJAAN LANTAI ATAP	45,159,611.39	44,243,765.45
	JUMLAH D	4,706,604,640.05	4,611,153,757.27
	JUMLAH	53,361,140,816.87	52,272,727,272.73
	PPN 10%	5,336,114,081.69	5,227,272,727.27

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
	JUMLAH	58,697,254,898.55	57,500,000,000.00
	DIBULATKAN	58,697,000,000.00	57,500,000,000.00
	DEVIASI NK - PPn	1,088,413,544.14	
	DEVIASI NK + PPn	1,197,254,898.55	

## RAP BERDASAR FINALISASI

PROYEK B

PEKERJAAN : STRUKTUR DAN ARSITEKTUR

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
A	Kelompok Upah	4,035,928,318.66	3,692,277,400.03
	JUMLAH A	4,035,928,318.66	3,692,277,400.03
B	Kelompok Bahan	27,958,829,694.96	26,681,853,153.66
	JUMLAH B	27,958,829,694.96	26,681,853,153.66
C	Kelompok Subkontraktor	23,843,352,283.58	23,386,119,427.52
	JUMLAH C	23,843,352,283.58	23,386,119,427.52
D	Kelompok Alat	2,148,125,141.67	2,148,125,141.67
	JUMLAH D	2,148,125,141.67	2,148,125,141.67
E	Kelompok BPU	2,976,597,564.51	2,976,597,564.51
	JUMLAH E	2,976,597,564.51	2,976,597,564.51
		JUMLAH	60,962,833,003.37
		PPN 10%	5,888,497,268.74
		JUMLAH KESELURUHAN	64,773,469,956.13
		DIBULATKAN	64,773,400,000.00
		DEVIASI NK - PPn	2,077,860,315.98
		DEVIASI NK + PPn	2,285,646,347.58

# RAP BERDASAR FINALISASI

PROYEK C

PEKERJAAN : STRUKTUR-ARSITEKTUR

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	10,920,364,000.00	10,920,364,000.00
	JUMLAH A	10,920,364,000.00	10,920,364,000.00
B	PEKERJAAN TANAH DAN PONDASI	23,773,805,877.99	22,859,103,642.58
	JUMLAH B	23,773,805,877.99	22,859,103,642.58
C	PEKERJAAN STRUKTUR		
I	OFFICE		
1	PEKERJAAN LANTAI BASEMENT	12,327,083,809.46	11,421,004,950.53
2	PEKERJAAN LANTAI DASAR ( SEMI BASEMENT )	11,145,856,440.51	10,085,579,642.49
3	PEKERJAAN LANTAI 1	6,705,271,701.77	6,021,030,529.44
4	PEKERJAAN LANTAI 2	1,792,891,709.82	1,612,709,081.57
5	PEKERJAAN LANTAI 3	2,301,868,582.05	2,098,231,753.62
6	PEKERJAAN LANTAI 5	1,877,153,762.10	1,675,319,526.67
7	PEKERJAAN LANTAI 6	1,853,493,931.74	1,639,469,467.07
8	PEKERJAAN LANTAI 7	1,853,139,874.78	1,639,279,138.07
9	PEKERJAAN LANTAI 8	1,853,578,431.74	1,639,537,867.07
10	PEKERJAAN LANTAI 9	2,006,884,916.55	1,781,852,877.86
11	PEKERJAAN LANTAI 10	1,594,857,752.00	1,409,294,854.08
12	PEKERJAAN LANTAI 11	1,591,959,869.90	1,406,507,991.88
13	PEKERJAAN LANTAI 12	1,583,705,381.23	1,398,921,160.93
14	PEKERJAAN LANTAI 15	1,588,956,880.46	1,404,045,694.23
15	PEKERJAAN LANTAI 16	1,723,543,868.31	1,531,995,510.09
16	PEKERJAAN LANTAI 17	1,397,141,078.45	1,236,322,520.00
17	PEKERJAAN LANTAI 18	1,397,084,114.80	1,236,231,057.23
18	PEKERJAAN LANTAI 19	1,417,767,838.11	1,258,942,536.99
19	PEKERJAAN LANTAI 20	1,067,443,657.83	944,793,563.53
20	PEKERJAAN LANTAI 21	1,064,957,793.86	942,072,382.89
21	PEKERJAAN LANTAI ATAP	1,491,558,294.75	1,353,951,942.53
	JUMLAH OFFICE	59,636,199,690.19	53,737,094,048.78
II	SOHO		
1	PEKERJAAN LANTAI 1	2,213,064,132.09	2,026,151,484.25
2	PEKERJAAN LANTAI 2	1,510,189,390.31	1,360,720,967.20
3	PEKERJAAN LANTAI 3	1,887,808,295.48	1,694,237,606.66
4	PEKERJAAN LANTAI 5	1,684,251,885.98	1,506,023,027.69
5	PEKERJAAN LANTAI 6	1,169,369,943.93	1,037,604,015.20
6	PEKERJAAN LANTAI 7	1,211,113,428.87	1,076,333,399.82
7	PEKERJAAN LANTAI 8	1,169,897,878.93	1,038,117,911.20
8	PEKERJAAN LANTAI 9	1,178,094,309.63	1,046,009,958.59
9	PEKERJAAN LANTAI 10	997,116,968.59	888,462,089.33
10	PEKERJAAN LANTAI 11	1,179,030,694.64	1,046,388,216.23
11	PEKERJAAN LANTAI 12	1,312,491,497.39	1,169,000,805.38
12	PEKERJAAN LANTAI 15	1,101,192,247.36	974,206,855.54
13	PEKERJAAN LANTAI 16	737,609,057.86	650,472,823.96
14	PEKERJAAN LANTAI 17	1,110,321,068.51	982,575,874.27
15	PEKERJAAN LANTAI 18	922,403,456.51	818,565,075.67
16	PEKERJAAN LANTAI 19	1,110,321,068.51	982,575,874.27
17	PEKERJAAN LANTAI 20	901,245,276.11	798,853,098.11
18	PEKERJAAN LANTAI 21	1,110,321,068.51	982,575,874.27
19	PEKERJAAN LANTAI 22	922,403,456.51	818,565,075.67
20	PEKERJAAN LANTAI 23	1,110,321,068.51	982,575,874.27
21	PEKERJAAN LANTAI 25	910,009,852.83	807,087,777.39
22	PEKERJAAN LANTAI ATAP	1,070,583,547.26	957,404,709.83
	JUMLAH SOHO	26,519,159,594.31	23,644,508,394.81
III	HOTEL		
1	PEKERJAAN LANTAI 1	1,516,501,885.98	1,394,771,875.41
2	PEKERJAAN LANTAI 2	1,277,863,840.11	1,160,899,618.63
3	PEKERJAAN LANTAI 3	1,762,254,653.94	1,599,404,733.60
4	PEKERJAAN LANTAI 5	2,201,625,312.14	1,999,260,949.61
5	PEKERJAAN LANTAI 6	973,595,740.35	873,352,355.82
6	PEKERJAAN LANTAI 7	935,236,287.31	839,420,763.68

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
7	PEKERJAAN LANTAI 8	927,931,028.57	832,710,808.53
8	PEKERJAAN LANTAI 9	920,865,219.06	824,897,324.89
9	PEKERJAAN LANTAI 10	972,201,748.80	874,354,313.52
10	PEKERJAAN LANTAI 11	896,092,842.56	800,598,879.91
11	PEKERJAAN LANTAI 12	896,088,629.44	800,595,240.23
12	PEKERJAAN LANTAI 15	875,560,216.84	781,937,243.63
13	PEKERJAAN LANTAI 16	876,499,579.80	782,835,539.78
14	PEKERJAAN LANTAI 17	876,499,579.80	782,835,539.78
15	PEKERJAAN LANTAI 18	860,050,110.51	768,030,993.82
16	PEKERJAAN LANTAI 19	877,349,838.63	780,391,884.85
17	PEKERJAAN LANTAI 20	846,714,199.75	753,217,363.88
18	PEKERJAAN LANTAI 21	840,360,098.63	746,873,661.65
19	PEKERJAAN LANTAI 22	839,465,659.75	746,101,133.88
20	PEKERJAAN LANTAI 23	839,465,659.75	746,101,133.88
21	PEKERJAAN LANTAI 25	802,344,338.07	712,971,647.75
22	PEKERJAAN LANTAI ATAP	574,964,522.59	512,398,126.29
	JUMLAH HOTEL	22,389,530,992.39	20,113,961,132.99
	JUMLAH TOTAL STRUKTUR	143,239,060,154.88	131,275,031,219.16
D	PEKERJAAN ARSITEKTUR		
I	OFFICE		
1	PEKERJAAN LANTAI BASEMENT	1,377,721,208.92	1,145,271,015.49
2	PEKERJAAN LANTAI DASAR ( SEMI BASEMENT )	2,029,108,455.29	1,617,744,466.45
3	PEKERJAAN LANTAI 1	964,220,390.69	811,323,539.11
4	PEKERJAAN LANTAI 2	620,811,650.49	508,930,426.51
5	PEKERJAAN LANTAI 3	590,042,551.56	481,542,106.72
6	PEKERJAAN LANTAI 5	499,536,143.89	403,454,978.41
7	PEKERJAAN LANTAI 6	493,756,600.99	399,331,777.37
8	PEKERJAAN LANTAI 7	493,912,971.89	399,422,867.21
9	PEKERJAAN LANTAI 8	493,909,387.89	399,419,955.21
10	PEKERJAAN LANTAI 9	537,164,429.51	466,719,231.88
11	PEKERJAAN LANTAI 10	493,910,447.09	399,420,878.93
12	PEKERJAAN LANTAI 11	494,000,267.89	399,492,377.81
13	PEKERJAAN LANTAI 12	490,406,847.09	396,015,070.93
14	PEKERJAAN LANTAI 15	489,803,991.09	395,426,277.93
15	PEKERJAAN LANTAI 16	325,369,161.77	270,439,888.76
16	PEKERJAAN LANTAI 17	428,672,269.69	351,052,108.18
17	PEKERJAAN LANTAI 18	414,403,649.69	338,795,072.18
18	PEKERJAAN LANTAI 19	400,211,847.85	326,108,068.54
19	PEKERJAAN LANTAI 20	424,665,383.43	348,145,192.29
20	PEKERJAAN LANTAI 21	418,720,955.45	342,895,979.81
21	PEKERJAAN LANTAI ATAP	106,539,786.20	72,001,183.00
	JUMLAH OFFICE ARS	12,586,888,398.34	10,272,952,462.77
	JUMLAH ARSITEKTUR	12,586,888,398.34	10,272,952,462.77
E	BANGUNAN PENUNJANG		
	JUMLAH BANGUNAN PENUNJANG	2,520,872,675.63	2,352,078,865.51
F	PEKERJAAN TAMBAH		
	STRUKTUR (PEKERJAAN PANCANG)	1,202,732,920.00	1,163,634,500.00
	STRUKTUR (OFFICE, SOHO, HOTEL)	1,681,986,274.76	1,614,757,813.16
	ARSITEK	4,879,391.00	4,729,892.00
	JUMLAH PEKERJAAN TAMBAH	2,889,598,585.76	2,783,122,205.16
G	PEKERJAAN PROV. SUM		
	JALAN LINGKUNGAN & LANDSKAPE	400,000,000.00	400,000,000.00
	GARDU PLN & POS JAGA	200,000,000.00	200,000,000.00
	RUMAH METERAN & PDAM	100,000,000.00	100,000,000.00
	STP	210,000,000.00	210,000,000.00
	TANGGA TIPE A & B PADA HOTEL	1,200,000,000.00	1,200,000,000.00
	BANGUNAN PENUNJANG (KORIDOR) DARI OFFICE KE SOHO	1,500,000,000.00	1,500,000,000.00
	JUMLAH PEKERJAAN PROV. SUM	3,610,000,000.00	3,610,000,000.00
H	PEKERJAAN STRUKTUR SHOW UNIT	-	



NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
	JUMLAH	164,846,419,814.61	150,293,184,752.59
	PPN 10%	16,484,641,981.46	15,029,318,475.26
	JUMLAH	181,331,061,796.07	165,322,503,227.85
	DIBULATKAN	181,331,000,000.00	165,322,000,000.00
	DEVIASI NK - PPn		14,553,235,062.02
	DEVIASI NK + PPn		16,008,558,568.22

## RAP BERDASAR FINALISASI

PROYEK D

PEKERJAAN : STRUKTUR - ARSITEKTUR

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	11,835,255,717.73	11,835,255,717.73
	JUMLAH A	11,835,255,717.73	11,835,255,717.73
B	PEKERJAAN STRUKTUR		
	Pekerjaan Tanah dan Lain-Lain	1,061,105,446.76	994,824,326.76
	Pekerjaan Beton Basement	11,881,404,072.49	11,422,980,456.31
	Pekerjaan Beton Lantai - satu	4,932,131,133.48	4,592,242,337.08
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua	2,721,830,473.66	2,526,556,450.43
	Pekerjaan Beton Lantai - Tiga	2,363,022,831.11	2,207,493,446.83
	Pekerjaan Beton Lantai - Empat	2,186,957,858.20	2,050,052,963.68
	Pekerjaan Beton Lantai - Lima	3,636,104,740.60	3,390,701,784.43
	Pekerjaan Beton Lantai - Enam	1,169,735,515.26	1,087,430,292.54
	Pekerjaan Beton Lantai - Tujuh	914,782,226.39	851,408,021.64
	Pekerjaan Beton Lantai - Delapan	942,688,815.57	877,793,147.21
	Pekerjaan Beton Lantai - Sembilan	952,290,554.35	884,541,186.11
	Pekerjaan Beton Lantai - Sepuluh	872,530,610.45	808,774,219.29
	Pekerjaan Beton Lantai - Sebelas	871,707,712.00	808,100,938.74
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua belas	864,343,381.95	803,280,649.98
	Pekerjaan Beton Lantai - Tiga belas	846,064,859.81	785,117,014.85
	Pekerjaan Beton Lantai - Empat belas	846,064,859.81	785,117,014.85
	Pekerjaan Beton Lantai - Lima belas	846,064,859.81	785,117,014.85
	Pekerjaan Beton Lantai - Enam belas	846,064,859.81	785,117,014.85
	Pekerjaan Beton Lantai - Tujuh belas	846,064,859.81	785,117,014.85
	Pekerjaan Beton Lantai - Delapan belas	846,064,859.81	785,117,014.85
	Pekerjaan Beton Lantai - Sembilan belas	791,876,459.21	734,995,775.22
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua puluh	791,876,459.21	734,995,775.22
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua puluh satu	791,876,459.21	734,995,775.22
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua puluh dua	825,434,135.23	768,438,575.60
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua puluh tiga	825,434,135.23	768,438,575.60
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua puluh empat	825,434,135.23	768,438,575.60
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua puluh lima	909,057,420.91	845,135,682.82
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua puluh enam	909,057,420.91	845,135,682.82
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua puluh tujuh	909,057,420.91	845,135,682.82

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua puluh delapan	909,015,623.93	845,114,356.91
	Pekerjaan Beton Lantai - Dua puluh sembilan	822,204,498.57	765,319,569.51
	Pekerjaan Beton Lantai - Tiga puluh	830,510,439.55	773,111,572.68
	Pekerjaan Beton Lantai - Tiga puluh satu	787,083,329.19	729,901,645.19
	Pekerjaan Beton Lantai - Tiga puluh dua	963,449,226.22	898,331,980.46
	Pekerjaan Beton Lantai - Atap	838,567,235.65	775,367,683.74
	Pekerjaan Beton Lantai - Hellipad	228,482,033.39	212,868,267.09
	Pekerjaan Baja	80,427,427.50	80,427,427.50
	JUMLAH B	53,485,868,391.16	50,143,034,914.10
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR		
	PEKERJAAN LANTAI SEMI BASEMENT	2,030,455,514.74	1,996,055,410.41
	PEKERJAAN LANTAI SATU	2,008,301,412.34	1,963,594,780.67
	PEKERJAAN LANTAI DUA	1,939,837,137.53	1,919,355,081.46
	PEKERJAAN LANTAI TIGA	2,024,718,217.08	1,990,645,136.63
	PEKERJAAN LANTAI EMPAT	1,536,408,301.70	1,505,498,225.72
	PEKERJAAN LANTAI LIMA	1,329,855,455.25	1,308,618,250.08
	PEKERJAAN LANTAI ENAM	1,246,643,767.95	1,233,830,266.41
	PEKERJAAN LANTAI TUJUH	1,602,277,073.90	1,586,476,062.33
	PEKERJAAN LANTAI DELAPAN	1,561,561,048.38	1,547,012,275.96
	PEKERJAAN LANTAI SEMBILAN	1,561,561,048.38	1,547,012,275.96
	PEKERJAAN LANTAI SEPULUH	1,561,561,048.38	1,547,012,275.96
	PEKERJAAN LANTAI SEBELAS	1,561,561,048.38	1,547,012,275.96
	PEKERJAAN LANTAI DUA BELAS	1,561,561,048.38	1,547,012,275.96
	PEKERJAAN LANTAI TIGA BELAS	1,561,561,048.38	1,547,012,275.96
	PEKERJAAN LANTAI EMPAT BELAS	1,561,561,048.38	1,547,012,275.96
	PEKERJAAN LANTAI LIMA BELAS	1,561,561,048.38	1,547,012,275.96
	PEKERJAAN LANTAI ENAM BELAS	1,561,561,048.38	1,547,012,275.96
	PEKERJAAN LANTAI TUJUH BELAS	1,561,561,048.38	1,547,012,275.96
	PEKERJAAN LANTAI DELAPAN BELAS	1,561,287,388.38	1,546,759,075.96
	PEKERJAAN LANTAI SEMBILAN BELAS	1,561,287,388.38	1,546,759,075.96
	PEKERJAAN LANTAI DUA PULUH	1,561,287,388.38	1,546,759,075.96
	PEKERJAAN LANTAI DUA PULUH SATU	1,561,287,388.38	1,546,759,075.96
	PEKERJAAN LANTAI DUA PULUH DUA	1,561,287,388.38	1,546,759,075.96
	PEKERJAAN LANTAI DUA PULUH TIGA	1,561,287,388.38	1,546,759,075.96
	PEKERJAAN LANTAI DUA PULUH EMPAT	1,561,287,388.38	1,546,759,075.96
	PEKERJAAN LANTAI DUA PULUH LIMA	1,561,287,388.38	1,546,759,075.96
	PEKERJAAN LANTAI DUA PULUH ENAM	1,561,287,388.38	1,546,759,075.96
	PEKERJAAN LANTAI DUA PULUH TUJUH	1,653,675,812.70	1,630,785,101.56

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
	PEKERJAAN LANTAI DUA PULUH DELAPAN	1,323,208,379.94	1,310,455,743.60
	PEKERJAAN LANTAI DUA PULUH SEMBILAN	1,454,624,952.40	1,440,600,741.43
	PEKERJAAN LANTAI TIGA PULUH	1,469,462,505.58	1,455,836,318.22
	PEKERJAAN LANTAI TIGA PULUH SATU	1,513,349,384.38	1,500,503,072.56
	PEKERJAAN LANTAI TIGA PULUH DUA	1,507,417,704.38	1,494,692,002.56
	PEKERJAAN LANTAI ATAP	307,460,956.23	297,407,738.53
	PEKERJAAN LANTAI HELIPAD	379,176,607.84	357,131,010.93
	PEKERJAAN TAMPAK	2,300,062,203.65	2,147,053,868.40
	JUMLAH C	55,294,132,366.73	54,529,493,254.68
D	PEKERJAAN TAMBAH		
	STRUKTUR	1,333,305,205.56	1,314,533,924.76
	ARSITEKTUR	2,822,488,119.17	2,701,290,322.07
	JUMLAH D	4,155,793,324.73	4,015,824,246.84
	JUMLAH	124,771,049,800.35	120,523,608,133.35
	PPN 10%	12,477,104,980.04	12,052,360,813.33
	JUMLAH	137,248,154,780.39	132,575,968,946.68
	DIBULATKAN	137,248,000,000.00	132,575,000,000.00
	DEVIASI NK - PPn		4,247,441,667.00
	DEVIASI NK + PPn		4,672,185,833.70

## RAP BERDASAR FINALISASI

PROYEK E

PEKERJAAN : STRUKTUR

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
A	PEKERJAAN PONDASI	by others	by others
	JUMLAH A	-	-
B	PEKERJAAN TANAH	609,728,973.09	594,728,973.09
	JUMLAH B	609,728,973.09	594,728,973.09
C	PEKERJAAN BETON		
1	BASEMENT	24,992,734,284.64	23,402,448,839.44
2	PODIUM	3,835,850,265.47	3,647,084,996.21
3	LOW ZONE	14,950,415,505.32	14,040,949,087.89
4	HIGH ZONE	18,578,207,056.81	17,428,418,372.08
5	PENTHOUSE	3,043,401,490.33	2,851,318,106.80
	JUMLAH C	65,400,608,602.57	61,370,219,402.43
D	PEKERJAAN BAJA	1,388,685,189.00	1,301,012,709.00
	JUMLAH D	1,388,685,189.00	1,301,012,709.00
		JUMLAH	67,399,022,764.66
		PPN 10%	6,739,902,276.47
		JUMLAH	74,138,925,041.13
		DIBULATKAN	74,138,000,000.00
		DEVIASI NK - PPn	4,133,061,680.14
		DEVIASI NK + PPn	4,546,367,848.16

## RAP BERDASAR FINALISASI

## PROYEK F

PEKERJAAN : ARSITEKTUR

[illegible]

## RAP BERDASAR FINALISASI

PROYEK G

PEKERJAAN : STRUKTUR DAN ARSITEKTUR

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	3,260,284,800.00	3,260,284,800.00
	JUMLAH A	3,260,284,800.00	3,260,284,800.00
B	PEKERJAAN TANAH	1,813,123,826.58	1,666,422,861.59
	JUMLAH B	1,813,123,826.58	1,666,422,861.59
C	PEKERJAAN STRUKTUR		
	STRUCTURE WORKS OFFICE & RESIDENCE		
	Sub and Upper Structure Works Podium	17,495,174,547.85	16,736,980,809.75
	Sub and Upper Structure Works Tower	15,310,575,339.21	14,790,510,929.16
	Steel Structure Works	1,345,173,500.00	1,335,946,100.00
	STRUCTURE WORKS HOTEL		
	Upper Structure Works Podium	-	-
	Upper Structure Works Tower	4,188,615,185.76	4,108,961,114.85
	Steel Structure Works	1,263,818,660.00	1,247,281,760.00
	JUMLAH C	39,603,357,232.82	38,219,680,713.77
D	PEKERJAAN ARSITEKTUR		
	FINISHES WORKS OFFICE & RESIDENCE		
	Wall Finishes Podium	6,270,671,824.72	5,288,829,711.89
	Wall Finishes Tower	8,673,786,357.04	7,102,841,547.36
	Floor Finishes Podium	512,826,690.73	318,798,884.63
	Floor Finishes Tower	629,162,564.00	589,081,849.00
	Miscellaneous Finishes Podium	461,264,180.00	460,889,180.00
	Miscellaneous Finishes Tower	303,977,250.00	303,977,250.00
	FINISHES WORKS HOTEL		
	Wall Finishes	3,881,895,128.88	3,236,538,832.77
	Floor Finishes	642,859,852.00	618,286,217.00
	Miscellaneous Finishes	95,832,000.00	95,832,000.00
	JUMLAH D	21,472,275,847.37	18,015,075,472.65
E	PLUMBING WORKS --> Sparing saja	60,708,300.00	60,708,300.00
	JUMLAH E	60,708,300.00	60,708,300.00

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA BARU	JUMLAH HARGA LAMA
F	FEE KOORDINASI	700,000,000.00	590,000,000.00
	JUMLAH F	700,000,000.00	590,000,000.00
G	PEKERJAAN TAMBAH	440,040,998.60	347,632,877.02
	JUMLAH G	440,040,998.60	347,632,877.02
H	BIAYA OPERASIONAL	32,894,168,930.46	32,894,168,930.46
	JUMLAH H	32,894,168,930.46	32,894,168,930.46
		JUMLAH	100,243,959,935.83
		PPN 10%	9,505,397,395.55
		JUMLAH KESELURUHAN	110,268,355,929.42
		DIBULATKAN	110,268,300,000.00
		DEVIASI NK - PPn	5,189,985,980.35
		DEVIASI NK + PPn	5,708,984,578.38